66 · 2015
LIIKENNEVIRASTON
TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ

ANTERO AROLA
PETRI NIEMI
MARKKU PIENIMÄKI

Kokemukset tietomallien hyödyntämisestä teiden ylläpidon suunnittelussa ja hankinnassa

2012–2014

Antero Arola, Petri Niemi, Markku Pienimäki

Kokemukset tietomallien hyödyntämisestä teiden ylläpidon suunnittelussa ja hankinnassa

2012 – 2014

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 66/2015

Liikennevirasto

Helsinki 2015

Kannen kuva: Kuvakooste, Markku Pienimäki

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)
ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6664
ISBN 978-952-317-177-0

Liikennevirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 0295 34 3000

Antero Arola, Petri Niemi ja Markku Pienimäki: Kokemukset tietomallien hyödyntämisestä teiden ylläpidon suunnittelussa ja hankinnassa. Liikennevirasto, kunnossapito-osasto. Helsinki 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 66/2015. 59 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-177-0.

Avainsanat: tietomalli, BIM, inframalli, infraBIM, ylläpito, korjausrakentaminen

Tiivistelmä

Tietomallien käyttö infra-alalla on yleistynyt viime vuosina. Mallintamista on ryhdytty käyttämään erityisesti uudisrakennushankkeiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Mallintamisen käyttöä myös teiden ylläpidossa ja korjaustoiminnassa ryhdyttiin tutkimaan PRE InfraFINBIM -tutkimuskokonaisuuden aktivoimana vuonna 2011. Sen jälkeen on toteutettu useita ylläpitoon liittyviä mallinnuskokeiluja pilottihankkeiden muodossa. Tässä julkaisussa esitellään näitä hankkeita vuosilta 2012–2014.

Julkaisu käsittelee pääasiassa ylläpidon, mutta myös parannushankkeiden päällystyskohteiden suunnittelussa ja toteutuksessa saatuja kokemuksia. Lisäksi on esitetty tiemerkintöjen ylläpidon tietomallipohjaisen toimintatavan kehitys ja nykytila.

Julkaisussa käsitellyt päällystyskokeilut olivat ensimmäisiä Suomessa mallintamista sisältäneitä päällysteiden ylläpidon kohteita. Niinpä pilottihankkeet olivat pitkälti mallintamisen kokeilua ja opettelua uudella saralla. Silti kokeiluista saatiin runsaasti hyviä tuloksia. Mallintaminen osoittautui varsin käyttökelpoiseksi apukeinoksi päällystyshankkeiden toteutuksessa ja sen avulla oli mahdollista saada aikaiseksi kustannussäästöjä ja laadun paranemista. Mutta kuten kaikessa muussakin mallipohjaisessa suunnittelussa, tulee myös ylläpidon kohteissa tapauskohtaisesti harkita, mikä on järkevin tapa suunnitella korjaukset sekä missä prosesseissa mallipohjaisella suunnittelulla saadaan hyötyjä suhteessa perinteisiin tapoihin. Ylläpitoon liittyvät menettelyt eivät ole vielä täysin viimeisteltyjä, mutta kokemukset ovat lupaavia ja näin ollen kehittämistä kannattaa ilman muuta jatkaa.

Erityisesti menetelmän soveltuvuutta erityyppisille kohteille tulisi arvioida ja tutkia tarkemmin. Vähäliikenteisten teiden osalta ohuet päällystepaksuudet eivät tue jyrsintää. Toisaalta kokonaisvaltainen menetelmä voisi toimia kaikkein parhaiten kenttämäisissä kohteissa, joiden toteutuksessa myös koneohjauksen hyödyntäminen on helpompaa, koska paikannukseen käytettäviä tukiasemia tarvitaan vain muutama.

Tiemerkintätoimintoihin mallintaminen tuntuu soveltuvan hyvin. Mallintamisen edellyttämä järjestelmäkehitys on edennyt käyttökokemusten ohjaamana. Nyt kun tilaajien edellyttämät raporttien tietosisällöt on saatu vaaditulle tasolle, on kehityksen pääpaino siirtynyt järjestelmien ja sovellusten käyttäjäystävällisyyden, yhteen sulautettavuuden ja automaation kehittämiseen.

Muiden ylläpitotoimintojen osalta mallintamista hyödynnetään vielä melko vähän. Julkaisuun sisältyy osuus, jossa esitellään miten yhdessä infraFINBIM-pilottihankkeessa pyrittiin etsimään mallinnuskeinoin olemassa olevien tietovarastojen hyödyntämismahdollisuuksia teiden ylläpidossa ja hoidossa.

Tämän julkaisun lisäksi piloteista saatujen kokemusten pohjalta laadittiin ohjejulkaisu *Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 11.1; Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa*.

Antero Arola, Petri Niemi och Markku Pienimäki: Erfarenheter från utnyttjande av datamodeller vid planering och anskaffning för vägunderhåll. Trafikverket, drift och underhåll. Helsingfors 2015. Trafikverkets undersökningar och utredningar 66/2015. 59 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-177-0.

Nyckelord: datamodell, BIM, inframodell, infraBIM, underhåll, reparationsbyggande

Sammanfattning

Användandet av datamodeller har under senaste år blivit allt vanligare inom infrabranschen. Modellering har börjat användas speciellt vid planering och förverkligande av nybyggnadsprojekt. Användandet av modellering började undersökas också för underhåll och reperationsverksamhet år 2011, som en följd av forskningshelheten PRE infraFINBIM. Efter detta har man förverkligat flera underhållsrelaterade modelleringsförsökt i form av pilotprojekt. I denna publikation presenteras dessa projekt under perioden 2012–2014.

Publikationen behandlar i huvudsak erfarenheter från planering och förverkligande av beläggningsprojekt, men den sammanfattar också i ett vidare perspektiv möjligheterna att utnyttja modellering inom andra vägunderhållsfunktioner.

De beläggningsförsök som presenteras i publikationen är de första projekten i Finland som beskriver modellering i samband med underhåll. Pilotprojekten är således i hög grad modelleringstest och -inlärning inom ett nytt område. Trots detta gav testen många goda resultat. Modelleringen visade sig vara en rätt användbar hjälpmetod vid förverkligandet av beläggningsprojekt, och metoden gjorde det möjligt att uppnå kostnadsinbesparingar och kvalitetsförbättringar. Som vid all annan modellbaserad planering bör man emellertid också för underhållsobjekt individuellt överväga vilken metod som är förnuftigast vid planeringen av reparationer samt i vilka processer modellbaserad planering erbjuder fördelar jämfört med traditionella metoder. Procedurerna som berör underhåll har ännu inte finslipats fullständigt, men erfarenheterna verkar lovande, vilket innebär att det definitivt lönar sig att fortsätta utvecklingen. Speciellt bör metodens lämplighet för olika typer av objekt bedömas och undersökas närmare. De tunna beläggningsskikten på vägar med lite trafik stöder inte fräsning. Däremot kunde en genomgående metod vara mest lämplig för fältlika objekt där även utnyttjande av maskinstyrning är lättare vid förverkligandet, eftersom endast ett fåtal stödstationer krävs för lokalisering.

Modellering verkar lämpa sig väl för vägmarkeringsfunktioner. Den systemutveckling som modelleringen kräver har framskridit på grund av erfarenheterna. Nu när datainnehållet i de rapporter som beställarna kräver har uppnått sin förutsatta nivå, har huvudmålsättningen övergått till utveckling av systemens och applikationernas användarvänlighet, förenlighet och automation. Modellering används ännu i relativt ringa omfattning för andra underhållsfunktioner. Publikationen innehåller ett avsnitt som presenterar hur man i ett infraFINBIM-pilotprojekt genom modellering sökte möjligheter att utnyttja existerande datalager för drift och underhåll av vägar.

Utöver denna publikation utnyttjades piloterfarenheterna i instruktionspublikationen *Yleiset inframallivaatimukset (Allmänna inframodellkrav) YIV2015, Osa 11.1; Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa (Inframodellering vid reparation av beläggningar)*.

Antero Arola, Petri Niemi and Markku Pienimäki: Experiences from the utilisation of BIM for planning and procurement in road maintenance. Finnish Transport Agency, Maintenance Department. Helsinki 2015. Research reports of the Finnish Transport Agency 66/2015. 59 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-177-0.

Keywords: data model, BIM, infra model, infraBIM, maintenance, repair building, rehabilitation

Summary

The use of data models has become more common in the infra sector in recent years. Modelling is more often used, especially for planning and implementing building projects for new objects. The use of modelling also for road maintenance and repair was introduced in the PRE infraFINBIM research program in 2011. Since then, several maintenance-related modelling tests have been made, mainly as pilot projects. This publication presents such projects from the period 2012-2014.

The publication covers experience from the maintenance planning and implementation of paving sector, but it also includes, more widely, the implementation possibilities of modelling for other road maintenance activities.

The paving tests presented in the publication were the first projects related to maintenance modelling in Finland. For that reason, the pilot projects were mainly modelling tests and an introduction to a new application field. Nevertheless, the tests gave plenty of positive results. Modelling turned out to be a useful tool for implementing paving projects, and provided a possibility to reduce costs and improve quality. However, as in all modelling-based planning, it is necessary to consider for each maintenance case separately which is the most rational way to plan the maintenance work and for which processes modelling-based planning provides advantages compared with conventional procedures. The maintenance-related procedures have not yet been completely finalized, but the experience is positive, which makes it worthwhile to continue the development work. Particularly the suitability of the procedure for different types of application objects should be evaluated in more detail. The thin pavement layers of roads with little traffic do not support the removal of asphalt by grinding. On the other hand, an overall procedure may work best in large areas, where the use of machine control is easier, as only a few support stations are required for positioning.

Data modelling seems to be well suited for road marking activities. Modelling system development has proceeded based on experiences. As the data content in the client reports has been updated to the required level, the development focus has been directed towards user-friendliness, compatibility and automation of systems and applications. Data modelling is still rarely used for other maintenance functions. The publication contains a section presenting a project in the infraFINBIM program, where modelling was used for identifying utilisation opportunities in road maintenance and repair using existing databases.

In addition to this publication, the instruction publication *Yleiset inframalli-vaatimukset (General infraBIM requirements) YIV2015, Osa 11.1; Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa (BIM modelling in maintanance)* was prepared based on the pilot results.

Esipuhe

Tässä julkaisussa esitellään tietomallintamisen hyödyntämismahdollisuuksia teiden ylläpidossa. Julkaisun koordinoijana toimi Liikennevirasto ja päätoteuttajina Ramboll CM Oy ja Finnmap Infra Oy.

Julkaisu on koottu useasta eri raportista vuosilta 2012–2014. Raporttien työstämisen ja viimeistelyn yhtenäiseksi julkaisuksi tekivät Antero Arola Ramboll CM Oy:stä sekä Petri Niemi ja Markku Pienimäki Finnmap Infra Oy:sta. Liikenneviraston vastuuhenkilönä oli Katri Eskola.

Helsingissä marraskuussa 2015

Liikennevirasto
Kunnossapidon ohjaus ja kehittäminen

Sisällysluettelo

1 Johdanto

Tieverkon asfalttipäällysteiden ylläpidon ohjelmointi tapahtuu perinteisesti mittaustietojen ja silmämääräisten havaintojen perusteella. Ylemmän tieverkon mittaukset suoritetaan vuosittain ja alemmalla tieverkolla noin kolmen vuoden kierrolla. Mittaus tapahtuu palvelutasomittauksena (PTM). Mittaustuloksina tierekisteriin tallennetaan mm. URA- ja IRI- tunnusluvut (pituus- ja poikkisuuntaiset tasaisuudet). Päällystevauriokartoituksella (PVK) kerätään systemaattisesti tietoa tieverkon korjaustarpeista. Näiden tietojen perusteella ELY-keskukset laativat toimenpideohjelman korjattavista tieosuuksista. Tämän jälkeen valituille kohteille tehdään tarkemmat toimenpidesuunnitelmat.

Viime vuosina tapahtunut mittaus- ja suunnitteluteknologioiden sekä alan markkinoiden kehittyminen tarjoavat kuitenkin mahdollisuuksia toteuttaa teiden ylläpitoluontoiset hankkeet perinteistä tarkemmin ja uusinta tekniikkaa hyödyntäen. Erityisesti tietomallintaminen, BIM, tarjoaa uusia mahdollisuuksia. Tässä selvityksessä esitetään tienpidossa toteutettuja pilottihankkeita ja niiden tietomallipohjaisia toimintatapoja. Selvityksessä kuvataan lyhyesti myös tiemerkintöjen tietomallipohjainen toimintatapa.

Julkaisuun on koottu päällysteiden uusimista sisältäneet pilottihankkeet, jotka on toteutettu tai olleet käynnissä vuonna 2014:

- Vt 6 Parikkala
- Vt 6 Koskenkylä–Kouvola
- Vt 13 Nuijamaan lisäkaistat
- Kt 51 Kivenlahti–Kirkkonummi
- Kt 55 Porvoo–Mäntsälä
- Mt 3662 Voikkaa–Multahovi

Raportin aineisto on kerätty eri tietolähteistä. Suurin osa päällystepiloteista on referoitu kahdesta InfraFINBIM-työpaketin raportista:

- MAINTENANCE BIM 2011–2012 tulosraportti
- MAINTENANCE BIM 2013–2014 väliraportti

InfraFINBIM-raportit ovat kirjoittaneet Manu Marttinen NCC Roads Oy:stä ja Rauno Heikkilä Oulun yliopistosta. Tarkempi dokumentointi päällysteiden pilottihankkeista on esitetty kyseisissä raporteissa. Tiemerkintöjen osalta kuvaus pääasiassa perustuu Tielinja Oy:n Ilari Harjun toimittamiin tietoihin.

2 Yleistä tietomallintamisesta

2.1 Infrakohteen tietomallinnus – Inframalli

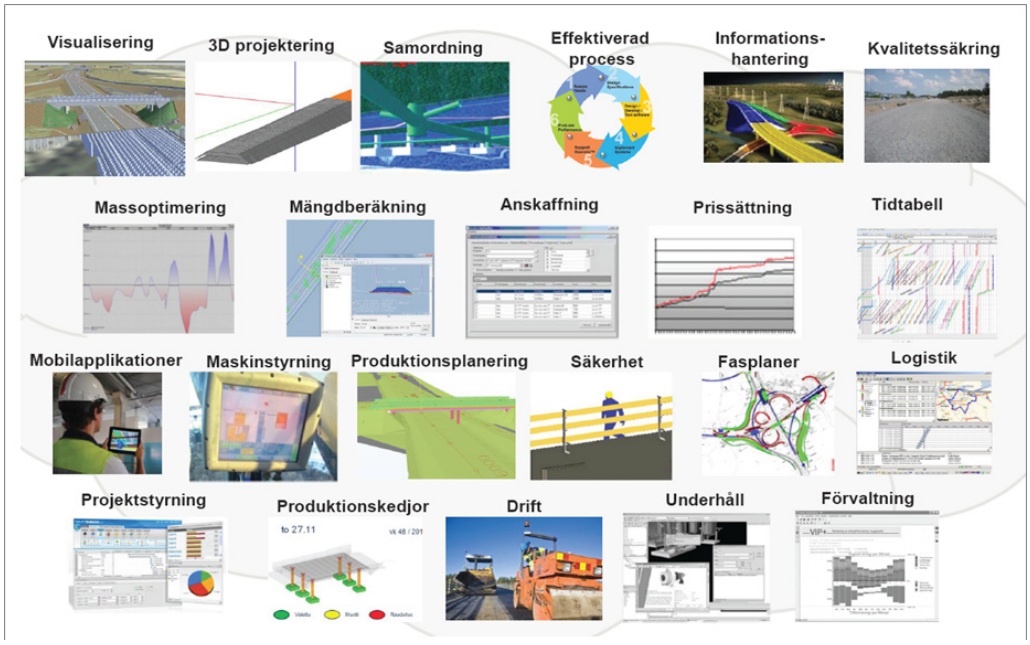
Tietomallinnus on varsin nuori tekniikan laji. Ensimmäiset kuvaukset tietomallinnuksesta (Building information Model) ovat vuodelta 1975. Aluksi tietomallinnusta sovellettiin rakentamisessa talonrakennusalalla. Infrapuolella mallintamista alettiin hyödyntää vasta 2000-luvun vaihteessa. Suomi on ollut edelläkävijä sekä talo- että infra-alalla mallinnuksen kehitystyössä.

Infra-alalla tietomallintamisen terminologia on vielä varsin kirjavaa. Itse mallintamisestakin käytetään useita eri termejä (mm. BIM, infraBIM, inframallinnus, tuotemalli, tietomalli). RYM InfraFINBIM-työpaketissa yleisnimeksi valikoitui inframallinnus.

Tietomallilla (BIM) muodostetaan digitaalinen (3D-) esitys kohteen fyysisistä ja toiminnallisista ominaisuuksista. Tietomalli on avoin, jaettu tietovarasto ja sen avulla tulisi voida tehdä luotettavia päätelmiä kohteen koko eliniän ajalta. (Lähde: National Building Information Model, Standard Project Committee, USA).

Tietomallintamisella tarkoitetaan itse prosessia, jolla kohteesta muodostetaan tietokoneavusteisesti tietomalli tai erilaisia tietomalleja. Varsinainen tietomalli on siis mallintamisen avulla luotu kuvaus kohteesta tietokoneen kielellä. Tietomallinnus voi liittyä kohteen suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon tai myös kohteeseen liittyvien toimintojen tarkasteluihin.

Tietomallinnus on siten paljon muutakin kuin vain teknistä suunnittelua. Sillä tarkoitetaan yleisesti tiedon tiettyyn käyttötarkoitukseen yhteisesti määriteltyä hallintaa. Kuvassa 2-1 on havainnollistettu toimintoja, joihin jo nykyisin on sovellettu mallintamista.



Kuva 2-1. Tietomallintamisen erilaisia käyttömahdollisuuksia infra-alalla. (Lähde: Niklas von Schantz, Esitelmä NVF-seminaarissa 6.5.2015)

Tietomallintamisen kaikkia mahdollisuuksia ei vielä hyödynnetä läheskään täysipainoisesti. Nykyisin parhaimmillaan tietomallinnus mahdollistaa kohdesuunnittelun lisäksi mm:

- Investointipäätöksien tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- Energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseurantaa varten
- Eri tekniikkalajien yhteensovittamisen
- Suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen
- Laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen ja suunnitteluprosessin tehostamisen
- Rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa kuten koneohjauksessa.

2.2 Tietomallit ylläpidossa

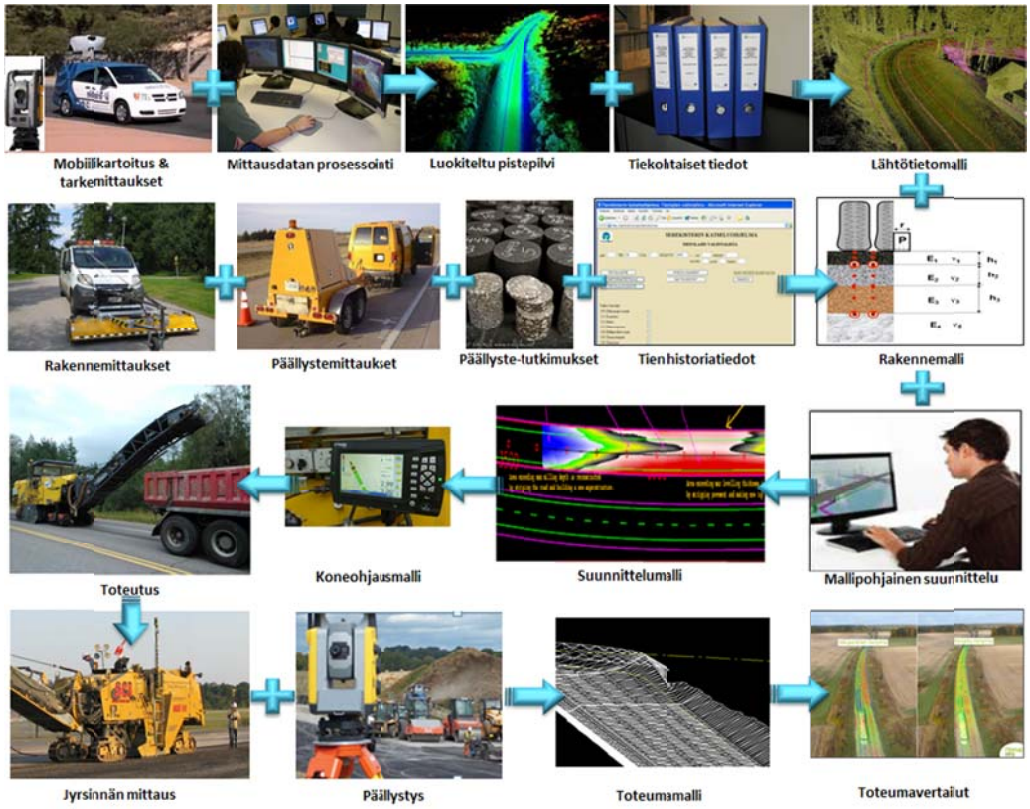
Liikenneviraston määritelmän mukaan maanteiden ylläpitoon kuuluu päällystettyjen teiden, sorateiden, siltojen, tieympäristön sekä maanteiden varsilla olevien laitteiden ja rakenteiden ylläpito, jota tehdään pitkäjänteisesti ja suunnitelmallisesti. Päällystetyn maantieverkon osalta yleisimpiä ylläpidon toimenpiteitä ovat päällysteen uusiminen ja samalla tehtävät rakennekorjaukset (esimerkiksi rummunvaihto, kiilan rakennus, massanvaihto, teräsverkon asennus) sekä tiemerkintöjen uusiminen.

Tietomallintaminen on aivan viime vuosina yleistynyt infra-alallakin erityisesti uudisrakentamisessa. Kunnossapidon (ylläpidon) puolella mallintamista on käytetty huomattavasti vähemmän. Tietomallintamista voidaan soveltaa ylläpidonkin tarpeisiin monin tavoin – aivan samoin kuin rakentamisvaiheessa. Rakentamisen luonteisissa ylläpidon toiminnoissa – kuten esim. päällystämisessä – mallinnus on sisällöltäänkin hyvin samanlaista ”suunnittelua”, mutta yleisimmin ylläpidon toiminnoissa tietomallinnus olisi enemmänkin systemaattista tiedonhallintaa ja sen hyödyntämistä.

Mallintamiseen yleisesti liitetty käsite kohteen elinkaaren aikaisesta tiedon hyödyntämisestä konkretisoituu ylläpitoon liittyvissä toiminnoissa. Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa koottu tieto tulisi pystyä liittämään ylläpidon aikana kerättyyn tietoon, laatia näiden kesken synteesejä ja analysoida tietoa päätöksenteon tueksi. Yksinkertaisimmillaan nykyisinkin runsaasti saatavilla olevan tiedon (mittaus- tai rekisteritietojen) hyödyntämistä voitaisiin parantaa liittämällä laatutietoon globaali paikkatieto.

2.3 Tietomallintaminen päällysteiden ylläpidon kohteissa

Ylläpidon tietomallintamisella tarkoitetaan tässä prosessia, johon kuuluvat mallipohjainen lähtötietojen hankinta, (kohde)suunnittelu, toteutus ja toteuman mittaus. Oheinen kuvasarja kertoo esimerkin tietomalliprosessista ja siihen liittyvistä toiminnoista. Malliprosessi vastaa melko hyvin kaikkia tässä esitettyjen pilottikohteiden ja tiemerkintöjen mallipohjaista toimintatapaa.



Kuva 2-2. Periaatekaavio tietomalliprosessista ylläpidon päällystyskohteissa.

Mobiilikartoitus ja signaalien tarkemittaus

Mobiilikartoitus koostuu ajoneuvoon integroidusta laitteistosta, jossa on keskenään integroidut laserkeilaus, kuvaus ja paikannusjärjestelmät. Laserkeilauksella aikaansaadaan ympäristöstä 3D-pistepilvi. Laserkeilaus on mittaustapa, jolla kohteesta saadaan lasersäteiden avulla mittatarkkaa (mm) kolmiulotteista pistepilveä kohteeseen koskematta. Signaali on yleensä tiehen maalattu merkki tms. xyz-koordinaatistossa jonka laserkeilain havaitsee. Signaalien avulla laserkeilaimen mittaustulosta tarkennetaan xyz-koordinaatistossa.

Lasermittaus voidaan tehdä myös signaloimattomasti. Tällöin mittadata ei ole absoluuttisen tarkka xyz-koordinaatistossa, koska sitominen koordinaatistoon tehdään laitteiston oman paikannusjärjestelmän avulla (GPS tai vastaava). Signaloimaton mittaus on suhteellisessa koordinaatistossa tarkka muutaman kymmenen metrin matkalla. Ts. mittaustulos on tarkka suhteessa edelliseen kuljettuun noin 20 m matkaan sekä poikkileikkaussuunnassa. Suhteellisesti tarkka pistepilvi on koettu riittävän tarkaksi ylläpidon kohteissa, joissa automaattista koneohjausta ei ole välttämätöntä käyttää. Tarkkuus riittää hyvin heittojen, painumien ja sivukaltevuuspuutteiden löytämiseksi.

Maatutkaluotaus ja referenssinäytteiden otto

Maatutka (GPR = Ground Penetration Radar) lähettää tierakenteeseen korkeataajuuksista sähkömagneettista signaalia, joka heijastuu väliaineiden sähköisten ominaisuuksien muutospinnoilta takaisin rekisteröivään antenniin. Tierakenteessa ominaisuusmuutoksia aiheuttavat pääasiassa kerrosten materiaalivaihtelut sekä kosteus- ja tiiveyserot. Tierakenteessa materiaaliltaan eroavien kerrosrajojen lisäksi voidaan erottaa mm. rakentamisen aikana syntyneitä tiivistyksen rajapintoja, päällysteen halkeamia, rakenteiden kosteuseroja tai -muutoksia, rumpuputkia, lohkareita sekä tiehen asennettuja teräsverkkoja tai muita vieraita esineitä. Tierakenteen mittauksissa tä-

män selvityksen kohteilla käytettiin jatkuvaa maatutkaluotausta, jolloin vastaanotettu signaali voidaan tulostaa jatkuvana profiilina. Tämän laskennan ja tulkinnan laadun takaamiseksi tarvitaan myös pistemäistä referenssitietoa, jonka avulla kerrospaksuustiedot voidaan tarkistaa ja tarvittaessa muuttaa tulkintaoletuksia.

Pistepilven prosessointi
Prosessoinnilla tarkoitetaan saadun pistepilvidatan sovittamista suunnitelman lähtötiedoksi; esimerkiksi eri suuntiin mitattujen suunnan 1 ja 2 mittausten sovittaminen yhteen ja saadun pistepilven sitominen xyz-koordinaatistoon tarkemitattujen signaalipisteiden avulla.

Lähtötietomallin luominen
Lähtötietomallilla tarkoitetaan tietovarastoa hankkeen lähtötiedoista mallinnettuna ja/tai visuaalista ilmentymää tästä. Lähtötiedot ovat yleensä mitattua tietoa tai rekistereistä tuotua tietoa. InfraBIM-sanaston mukaan lähtötiedot ovat eri tietolähteistä saadut tai mitatut tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankitut tiedot mallinnettuna digitaalisessa muodossa. Tällaisia ovat esimerkiksi maastomalli, kaavamalli, maaperämalli sekä nykyisten rakenteiden mallit.

Mallipohjainen suunnittelu
Mallipohjaisella suunnittelulla tarkoitetaan mitatun aineiston hyödyntämistä suunnittelussa tietomallin avulla. Suunnittelussa työ tehdään tietomallin avulla 3D-muodossa.

Koneohjausmallin tuottaminen
Koneohjausmallin tuottamisella tarkoitetaan suunnitelma-aineiston muuttamisesta koneohjausjärjestelmän ymmärtämään muotoon. Tällöin koneen kuljettajan ei tarvitse puuttua työkoneen tekemän työn ohjaukseen.

Koneohjausmallin vieminen työmaalle
Koneohjausmalli voidaan toteuttaa joko täysin automaattisesti antamalla työkoneen automatiikan huolehtia ohjauksesta tai ns. opastavaa menettelyä käyttäen. Opastavassa menettelyssä työkonetta ohjataan manuaalisesti seuraamalla tarkasti mallinnusohjeita. Paikkatietopohjaiset mallinnusohjeet voidaan välittää ohjaajalle esim. päätelaitteen avulla tai merkitsemällä ne maastoon (yleensä maalimerkinnöin pientareelle). Koneohjausmalli voidaan siirtää työkoneeseen joko muistitikulla tai verkon (Internet) kautta.

Toteutus koneohjausmallin avulla
Kuljettaja ohjaa työkoneen liikkumista työmaalla. Koneita/kuljettajaa voidaan ohjata myös GPS:n tms. avulla. Täkymetri on ollut ohjauslaitteena monessa näissä jäljempänä esitetyissä piloteissa ohjaamassa jyrsintä ja levittäjää. Täkymetri asemoidaan esim. signalointipisteisiin tai maanmittauslaitoksen määrittämiin tunnettuihin pisteisiin. Täkymetri on laite joka näin ollen tietää sijaintinsa xyz-koordinaatistossa. Täkymetrin avulla työkoneen koneohjausjärjestelmä tietää oman sijaintinsa ja pystyy täten ohjaamaan työkoneen toimintoja suunnitelman mukaan.

Toteumavertailut
Perinteisesti päällystyskohteen toteutuma mitataan PTM-mittauksella. Samoin voidaan tehdä mallipohjaisesti toteutetulle kohteellekin. Mallinnusta käytettäessä helpointa on tarkistaa toteutuma samalla menetelmällä kuin suunnittelu on tehty, esim. mobiililaserkeilata suunnittelukohde myös toteutuksen jälkeen. Menettelyn avulla on mahdollista tarkistaa tarkasti suunnittelumallin toteutuminen ja samalla analysoida toteutusmenetelmän tarkkuutta ja tehdä sille laadunvarmistusta.

3 Päällysteiden ylläpidon pilottikohteet

3.1 Yleistä pilottikohteista

Keskeinen osa inframallintamisen viimeaikaisesta kehitystyöstä tehtiin RYM Oy:n vuosina 2010–2014 toteutetun PRE-ohjelman (Build Environment Process Re-engineering) Infra FINBIM-työpaketissa. Tässä yritysvetoisessa tutkimuskonsortiossa oli mukana 17 yritystä, merkittäviä infran omistajia ja kolme tutkimuslaitosta. Noin kuuden miljoonan euron tutkimuspanoksesta Tekes rahoitti puolet ja puolet tuli yrityksiltä.

FINBIM-työpaketin Maintenance BIM-osaprojektin tavoitteena oli kehittää tieväylien hoidon ja ylläpidon tietomallipohjaista toimintaprosessia. Vuosien 2013 ja 2014 tarkempia osatavoitteita ylläpidon toimintaprosessin kehittämiseksi olivat:

- suunnitteluvaatimusten ja -menetelmien kehitystyö tasaussuunnittelussa
- toteutusmallin hyödyntäminen päällystysurakan hankinnassa
- toteutusmallin hyödyntäminen päällystystyössä
- lähtötietomallin luominen ylläpidon rakenteenparannussuunnittelua varten
- mitatun toteumatiedon tallentaminen toteumamalliin
- mallipohjainen rakenteenparannussuunnittelu
- toteutusmallin luominen rakenteenparannuskohteesta
- toteutusmallin hyödyntäminen rakenteenparannustyössä.

Kehitystyötä tehtiin pääasiassa pilottikohteiden avulla. Seuraavassa esitellään muutamia FINBIM-pilottikohteita ja keskeisiä havaintoja niistä. Mukana on ylläpidon kohteiden (Vt 6 ja Kt 55) lisäksi investointikohteita, joissa vanha tierakenne parannettiin tai muutettiin uuden osaksi (Vt 13 ja Kt 51).

3.2 Vt 6 Parikkala (KAS ELY)

3.2.1 Yleistä

Kohde sijaitsi Parikkalassa tieosoitteessa 6/323/3500–6/328/3461. Kohteen pituus oli 21,3 km ja se kuului KAS ELY:n vuoden 2012 päällystysurakkaan.

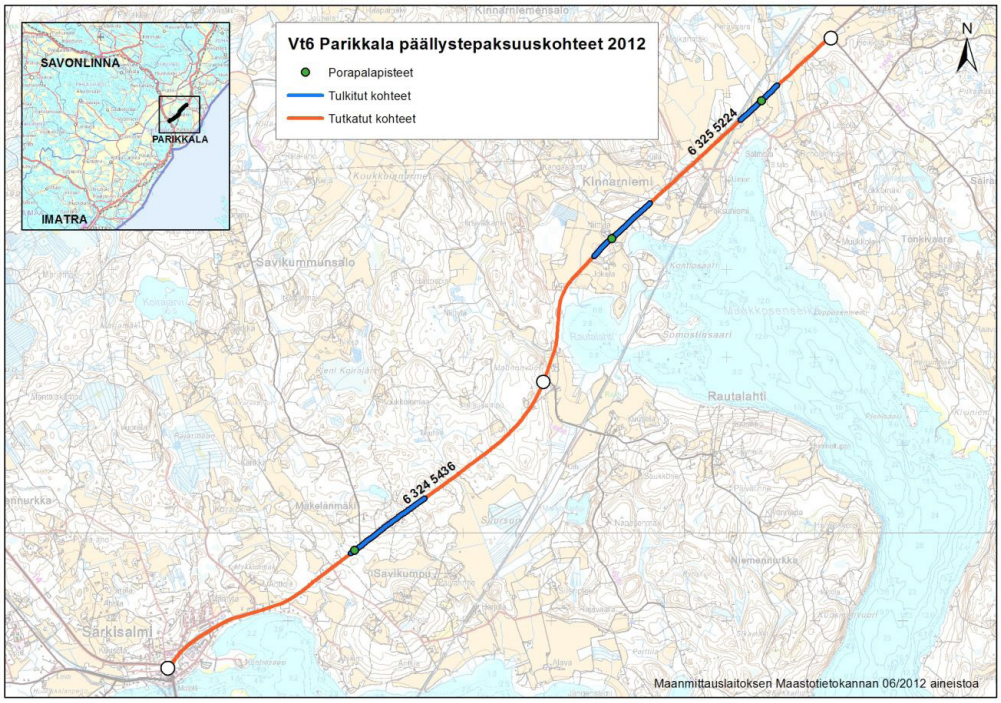
Lähtökohtana oli sivu- ja pituuskaltevuuden korjaaminen kohteella. Samalla arvioitiin mallintamismenetelmän soveltuvuutta päällystystyön tasauksen ja jyrsinnän optimointiin. Pilotin tarkoituksena oli koneautomaation kokeilu ylläpidon suunnittelu-parametreillä.

Kaikilla KAS ELY:n vuoden 2012 valta- ja kantateiden päällystyskohteilla tehtiin karkea sivukaltevuuspuutteiden kartoitus PTM-mittausdatasta. Pääteillä kohteita oli kaikkiaan 12 kpl, yhteensä noin 70 km.

Alun perin kohde ajateltiin korjata MPKJ-menetelmällä pahimpien sivukaltevuuspuutteiden osalta. Suunnitelma muuttui, kun Infra FINBIM-hanke tarvitsi sopivia kohteita tietomallipohjaisille koneautomaatiokokeiluille.

3.2.2 Kohdevalinta ja kohteen rajaaminen

Pöyry CM Oy selvitti vuonna 2012 kohteelta ne osuudet, joita voitaisiin parhaiten käyttää tietomallipilotin kokeilukohteina. Selvityksessä suunniteltiin kohteen tasaus koko päällystepituudelle. Kohteelta valittiin maastokatselmuksen perusteella kolme noin 500 m pituista osaa, joissa oli sivukaltevuuspuutteita sekä yksittäisiä heittoja.

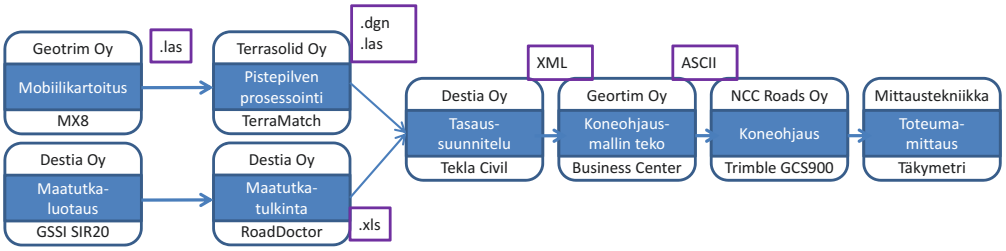


Kuva 3-1. Valitut kohteet maastossa

Kohteilta oli mitattu päällysteen paksuus päällystetutkalla. Mittausten perusteella todettiin, että jyrsintää voitiin ko. kohteella hyödyntää paljon heikentämättä liikaa rakenteen kuormituskestävyyttä.

3.2.3 Pilottikohteen toimintaprosessi

Alla olevassa kuvassa on esitetty kaaviona pilotin toimintaprosessi ja siihen liittyvät toiminnot ja yritykset ohjelmistoineen.



Kuva 3-2. Vt 6 pilottihankkeen tietoketjun kaavio ja toimijat (Maintenance Infra FINBIM)

3.2.4 Päällystepaksuus

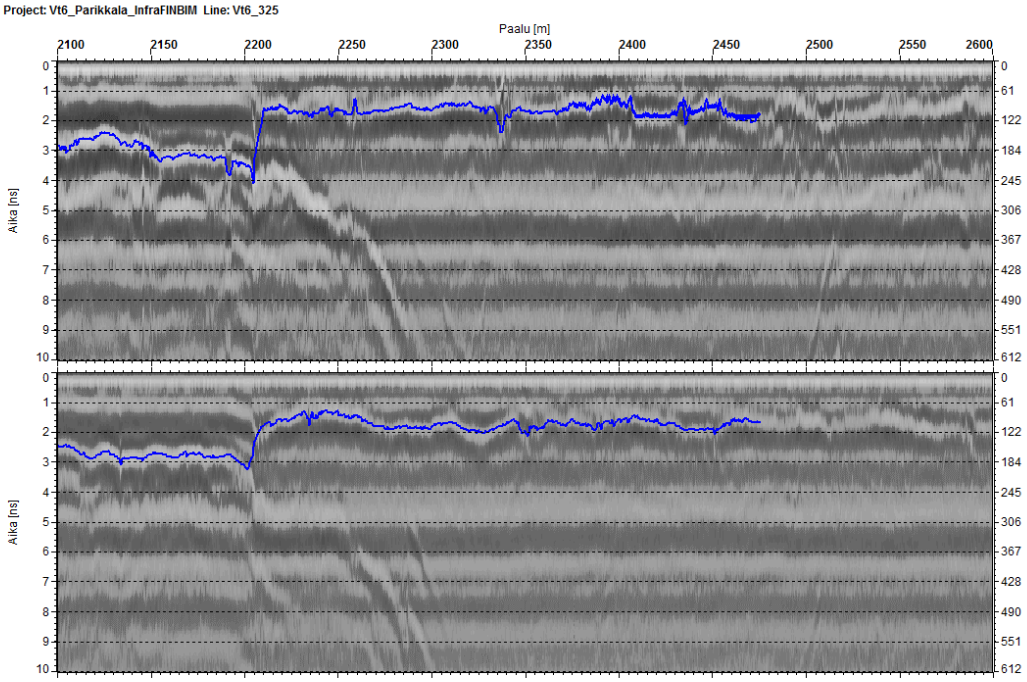
Seuraavassa on kuvattu tuloksia päällystepaksuuden osalta.

Kohde A; 6 / 324 / 2440–3020 m (580 m)
Ensimmäiseltä osuudelta referenssiporapala otettiin paalulta 2512 m. Porapalan paksuus oli 180 mm. Tulkitun päällysteen rajapinnan perusteella päällystepaksuus vaihteli koko osuudella ykkössuuntaan 118–235 mm ja kakkossuuntaan 119–195 mm.

Kohde B; 6 / 325 / 1620–2140 m (520 m)
Toiselta osuudelta referenssiporapala otettiin paalulta 1865 m. Porapalan paksuus oli 175 mm. Tulkitun päällysteen rajapinnan perusteella päällystepaksuus vaihteli koko osuudella ykkössuuntaan 126–206 mm ja kakkossuuntaan 123–224 mm.

Kohde C; 6 / 325 / 3900–4400 m (500 m)
Kolmannelta osuudelta referenssiporapala otettiin paalulta 4183 m. Porapalan paksuus oli 175 mm. Tulkitun päällysteen rajapinnan perusteella päällystepaksuus vaihteli koko osuudella ykkössuuntaan 124–207 mm ja kakkossuuntaan 110–206 mm.

Maatutkatulokset esitettiin pituusprofiileina 500 m ikkunavälein. Esimerkkikuvassa on ykkössuunnan mittaukset; ylempänä maatutkadata tulkintoineen aikaikkunassa ja alempana tulkinta syvyystietoineen.

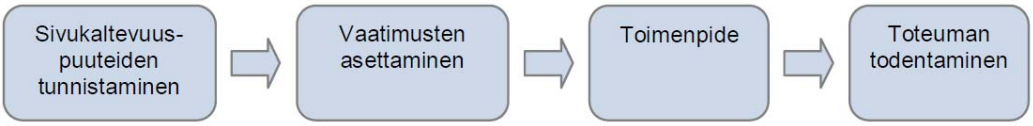


Kuva 3-3. Esimerkki maatutkakuvasta 6/325/ 2100 - 2600 (Carement Oy)

3.2.5 Sivukaltevuus

Tien sivukaltevuus vaikuttaa mm. liikenneturvallisuuteen ja tien pintakuivatukseen. Liian pienen sivukaltevuuden johdosta pintavedet jäävät tien pinnalle. Väärät tai liian suuret sivukaltevuudet aiheuttavat muutoksia ajogeometriassa. Maanteiden sivukaltevuutta on mitattu systemaattisesti vuodesta 2003 alkaen. Sivukaltevuuspuutteita arvioidaan tällä hetkellä olevan tieverkolla noin 4200 km, josta vakavia puutteita on katsottu olevan noin 2500 km.

Sivukaltevuusmittausten hyödyntämistä ylläpidon hankkeissa voidaan kuvata seuraavan neljän vaiheen avulla.



Kuva 3-4. Sivukaltevuustunnusluvun hankekohtainen hyödyntäminen (Sivukaltevuuden parantaminen päätieverkon hankkeissa, Suikki, Rantanen 2009)

Sivukaltevuusproblematiikkaa on selvitetty julkaisussa *"Sivukaltevuuden parantaminen päätieverkon ylläpidon hankkeissa, Tiehallinnon selvityksiä 34/2009, Lauri Suikki, Taina Rantanen"*. Selvityksessä on esitetty mm. seuraavia vaiheita sivukaltevuuden parantamiseksi nimenomaan ylläpitoluonteisissa töissä.

Sivukaltevuuspuutteiden tunnistaminen. Puutteet ilmenevät käytännössä usein kuivatuspuutteina, joiden sijainti näkyy mm. veden kertymisenä tien pinnalle. Lisäksi voidaan hyödyntää PTM-mittausten 10 m tietoa.

Vaatimusten asettaminen. Valitulle päällysteiden ylläpidon kohteille valitaan tavoitteellinen sivukaltevuus. Sivukaltevuudelle ei ole asetettu virallisia tavoiterajoja, mutta edellä mainitussa selvityksessä on esitetty tieverkkotason sivukaltevuudelle tavoitearvot, joita on käytetty lähestymistapana tämän selvityksen pilottikohteissa.

Taulukko 3-1. Sivukaltevuuden tavoitearvot (Sivukaltevuuden parantaminen päätieverkon hankkeissa, Suikki, Rantanen 2009)

Nopeus (km/h)	R (m) Kaarresäde	Sisäkaarre R > 0	Ulkokaarre R < 0
50 – 70	1 – 179	-7 ... -5	+5 ... +7
50 – 70	180 – 189	-6 ... -4	+4 ... +6
50 – 70	180 – 189	-6 ... -4	+4 ... +6
50 – 70	190 – 199	-5 ... -3	+3 ... +5
50 – 70	200 – 649	-4,5 ... -2,5	+2,5 ... +4,5
50 – 70	650 – 10 000	-4 ... -2	+1,5 ... 4 / -4 ... -1,5
50 – 70	> 10 000	-4 ... -2	-4 ... -2
80	1 – 359	-7 ... -5	+5 ... +7
80	390 – 419	-5 ... -3	+3 ... +5
80	420 – 1 399	-4,5 ... -2,5	+2,5 ... +4,5
80	1 400 – 10 000	-4 ... -2	+1,5 ... +4 / -4 ... -1,5
80	> 10 000	-4 ... -2	-4 ... -2
100 – 120	1 – 649	-7 ... -5	+5 ... +7
100 – 120	650 – 719	-6 ... -4	+4 ... +6
100 – 120	800 – 2 599	-4,5 ... -2,5	+2,5 ... +4,5
100 – 120	2 600 – 10 000	-4 ... -2	+1,5 ... 4 / -4 ... -1,5
100 – 120	> 10 000	-4 ... -2	-4 ... -2

On huomioitava, että tavoitearvot ovat nimensä mukaisesti tavoitteellisia ja sivukaltevuutta on aina tarkasteltava tapauskohtaisesti tien olosuhteiden mukaisesti.

Toimenpide. Selvityksen pilottikohteissa on toimenpidekäsitettä laajennettu pelkästä päällystystyöstä lisäämällä siihen etukäteismittauksia ja koneohjaustoimenpiteitä. Tien pinnan muotoa parannetaan etukäteen suunnittelemalla mm. jyrsintä ja tasaus.

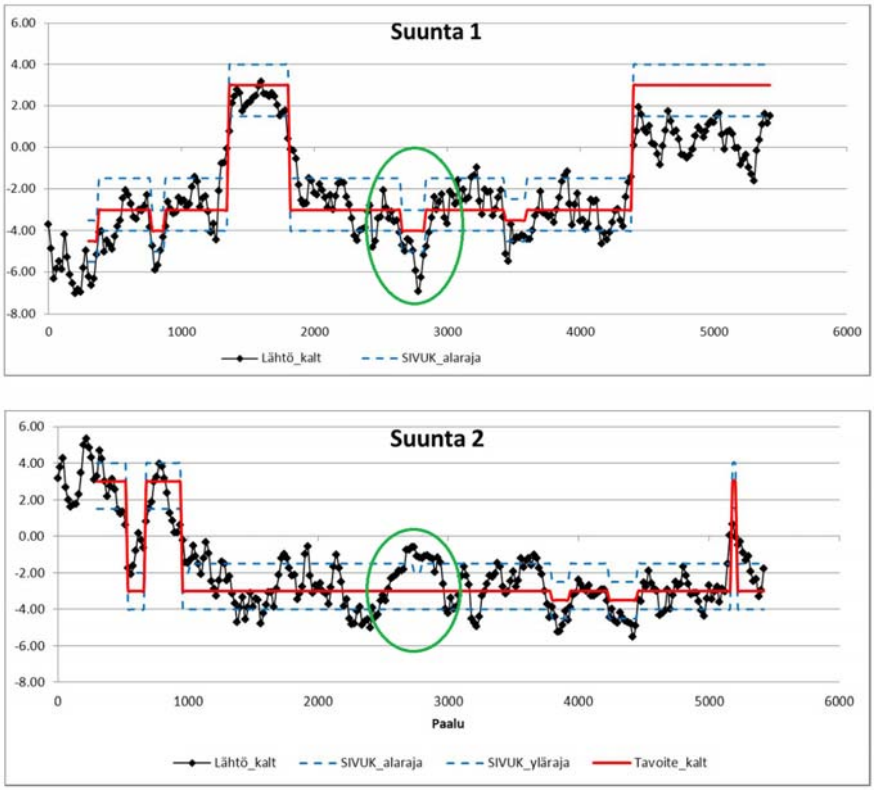
Toteuman seuranta. Toimenpiteen jälkeistä sivukaltevuutta verrataan lähtötilanteen sivukaltevuuteen ja toisaalta tavoitekaltevuuteen.

3.2.6 Pilottikohde

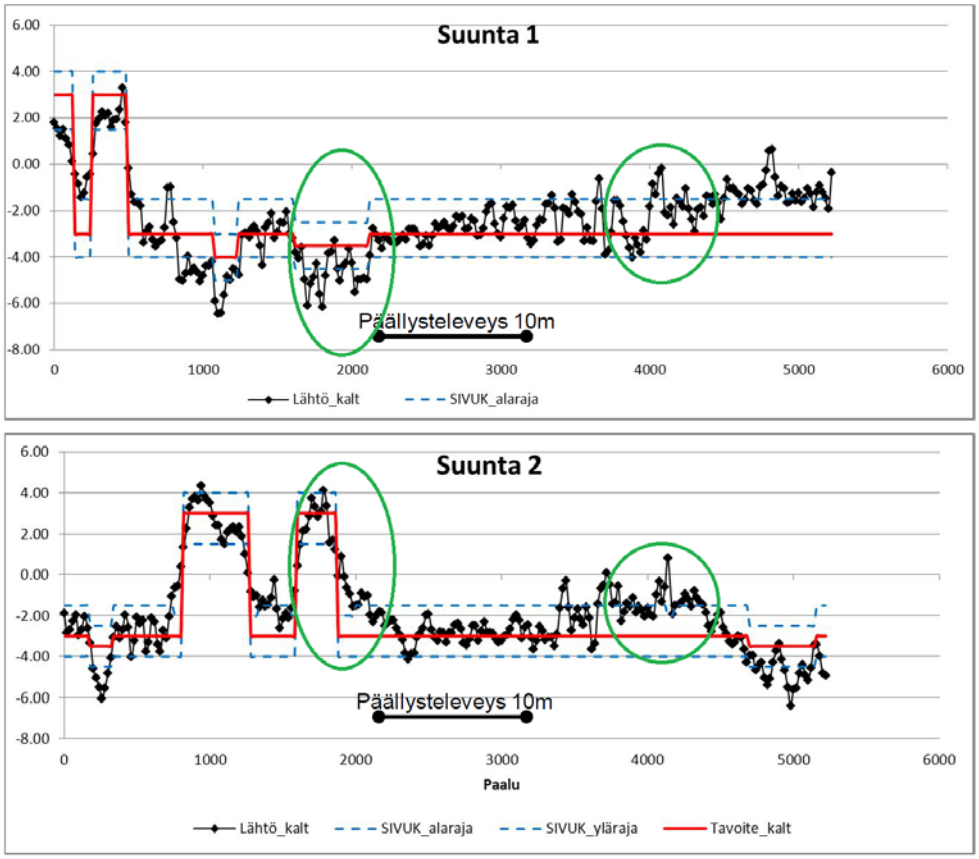
Sivukaltevuuden mittaamiseksi tehtiin kohteella mobiilikartoitus. Se koostui ajoneuvoon integroidusta laitteistosta, jossa on keskenään integroidut laserkeilaus-, kuvaus- ja paikannusjärjestelmät. Laserkeilauksella tuotettiin ympäristöstä 3D-pistepilvi. Pistepilveä jalostamalla saadaan tien muoto ja sitä analysoimalla sivukaltevuus numeeriseen muotoon halutulla tavalla.

Tässä pilottikohteessa haluttiin nimenomaan testata koneohjausta, joten pinnan mittaus oli suoritettava tarkasti. Kohde sidottiin tarkasti xyz-koordinaatistoon. Tällöin puhutaan ns. signaloidusta mittauksesta. Signalointipisteet asetettiin 50 m välein, jolloin tulos oli riittävän tarkka. Kohteen lähtöpiste ja loppupiste saadaan asemoitua toisiinsa nähden tarkasti.

Alla olevissa kuvissa on esitetty kohteelta mitattu sivukaltevuus ja siihen PTM-mittausten perusteella suunniteltu sivukaltevuuden tavoitehaarukka. Vihreässä ympyrässä on pilottikohteen tarkka paikka.



Kuva 3-5. Kohteen A tieosa 6/324 sivukaltevuussuunnitelma.



Kuva 3-6. Kohteiden B ja C tieosa 325 sivukaltevuussuunnitelma.

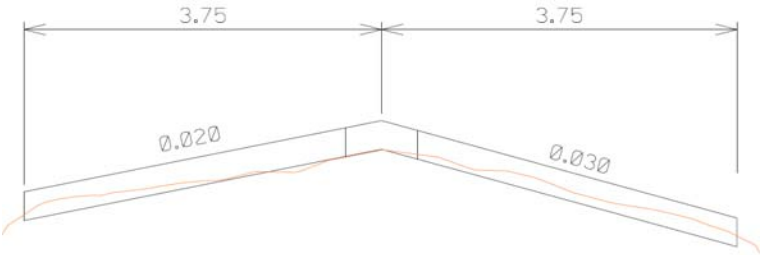
Kuvissa musta viiva kuvaa lähtötilanteen mitattua sivukaltevuutta. Punainen viiva kuvaa ”virallisen” suunnitelman mukaisen ideaalisen sivukaltevuuden. Sininen katkoviiva on ylläpidon sivukaltevuuden ”tavoitehaarukka”. Haarukka on kokemuksen pohjalta asetettu arvoon ±1,25 % ideaalikaltevuudesta.

3.2.7 Tilaajan tavoitteet

Lähtökohtana oli sivu- ja pituuskaltevuuden korjaaminen. Lisäksi tuli arvioida mallintamismenetelmän soveltuvuutta päällystystyön tasauksen ja jyrsinnän optimointiin.

3.2.8 Työn ideointi

Kohteessa A korjattiin sivukaltevuutta. Tien reunassa oli lisäksi painuma, joka sijaitsi oikealla kaistalla päällysteen reunassa. Kohta oli suoralla lievässä ylämäessä. Tien olemassa oleva sivukaltevuus oli noin 3 %. Tavoitteeksi asetettiin, että kohteen tuleva päällystepaksuus on vähintään 170 mm. Jotta tasausmassan tarve voitiin minimoida, valittiin lopulliseksi ratkaisuksi rakenne, jossa sivukaltevuus oli kaistojen keskenkin erilainen. Vasemman kaistan sivukaltevuus on 2 % ja oikean 3 % (kuva 3-7). Tässä ratkaisussa huomioitiin kuivatuksen toimivuus ottamalla huomioon myös kohdan pituuskaltevuus.



Kuva 3-7. Kohde A (6/324/2740), kaistojen suunniteltu sivukaltevuus on erilainen.

Kuva 3-8. Tasausmassan levitys kohteella A

Kohteessa B optimointiin jyrsinnän ja tasausmassan määrää. Tässä haasteena oli sivukaltevuuden korjaaminen kaarteessa. Sivukaltevuus muuttui kohteella jatkuvasti.

Kuva 3-9. Kohde B, toinen kaista jyrsitty, toinen kaista korjataan tasausmassalla.

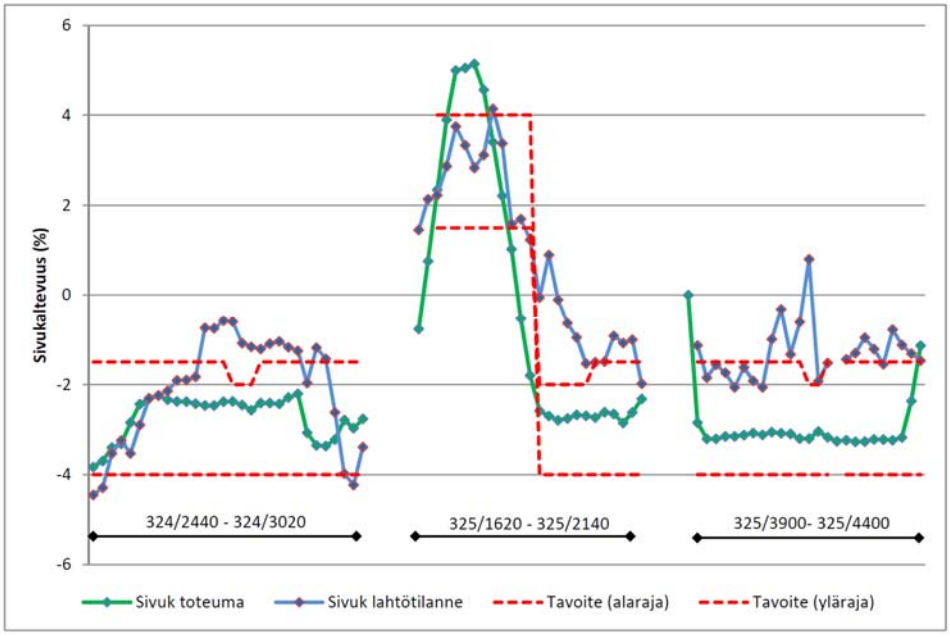
Kohteessa C tärkeimpänä tavoitteena oli korjata sivukaltevuutta. Sivukaltevuutta ei kohteella ollut juuri lainkaan. Päällystepaksuus oli mitattu maatutkalla. Kohteella korjaus onnistui pääosin jyrsintää käyttäen. Tasausmassaa ei juuri tarvinnut käyttää. Tavoitteena suunnitelman mukaan oli jättää vanhaa päällystettä vähintään 40 mm ja levittää jyrsitylle pinnalle 40 mm paksuinen uusi päällystekerros.

Kuva 3-10. Referenssiporapala kohteelta C, päällystepaksuus noin 7 cm

Kuva 3-11. Kohteen C jyrsintää. Suora tieosuus, lievä ylämäki, suunta tierekisterin vastainen.

Laserkeilaustuloksista havaittiin, että paalulla 4300 oli suhteellisen pitkällä matkalla (noin 100 m) pituussuuntainen painuma. Kohteeseen tehdyn korjaussuunnitelman mukaan tasausmassaa olisi tarvinnut käyttää noin 50 m³. Paikalla tehdyn liikenne-seurannan ja havainnoinnin perusteella todettiin, ettei painumaa tarvitse korjata, koska siitä ei aiheutunut merkittävää haittaa liikenteelle ja turvallisuudelle.

Alla olevassa kuvassa on esitetty pilottikohteen lopputilanne verrattuna lähtötilan-teeseen



Kuva 3-12. Kohteen Vt6 Parikkala alku- ja lopputilanne

Loppupäätelmänä voitiin todeta, että kohteen A kakkossuunnassa sivukaltevuus on toteutunut suunnitellusti. Kaltevuus pysyy tavoiterajojen sisäpuolella.

Kohteen B kakkossuunnassa tavoiteltu sivukaltevuus on kasvanut muutaman kymmenen metrin matkalta tavoiterajoja suuremmaksi, eli noin 5 %:iin (tavoite 4 %). Syynä tähän oli kyseisen tiekohdan poikkileikkauksen muoto. Toteutuksen aikana päätettiin sallia ko. kohdassa 5 %:n sivukaltevuus, jotta kyettiin hyödyntämään paremmin halpaa jyrsintää. Ratkaisuun päädyttiin, koska tavoitekaltevuudet on päätelty enemmänkin verkkotason ajattelun pohjalta. Kohdekohtaisessa suunnittelussa tulee ottaa huomioon kohteen realiteetit. Alla olevassa kuvassa on esitetty paalupoikkileikkaus ko. kohteelta Bentley InRoads -suunnittelujärjestelmässä.

Kuva 3-13. Kohdan 325/1740 poikkileikkaus (Finnmap Infra Oy / Petri Niemi)

Kohteen C (suunta 1) sivukaltevuus on toteutunut suunnitellusti. Kaltevuus pysyy lähes raja-arvojen keskellä. Sivukaltevuuden vaihtelu on myös vähäistä.

3.2.9 Pilotista tehdyt johtopäätökset

Kohde oli yksi ensimmäisistä mallinnuspiloteista ylläpitotyyppisissä töissä. Johtopäätöksenä todettiin, että testaus ja koneohjaus onnistuivat hyvin ja ylläpidon mallipohjaisia toimintoja kannattaa tutkia lisää.

3.3 Vt 6 Koskenkylä-Kouvola (KAS ELY)

3.3.1 Tien tausta

Tie on valmistunut vuonna 2004 ns. leveäkaistatieksi lähes kokonaan vanhan tien päälle. Tien rakenteesta oli jätetty rakenteeseen kuuluva ns. kolmas päällystekerros tekemättä. Tien päällyste oli vaurioitunut. Tien rakenteessa oli havaittavissa reunapainumia sekä verkko-, poikki- ja pituushalkeamia. Tien alemmista kerroksista johtuvia rakenteellisia ongelmia ei tässä työssä pyritty korjaamaan.

3.3.2 Tilaajan tavoitteet

Tilaajan lähtökohtana kohteella oli selvittää saataisiinko ennen päällystämistä tien pintaa mittaamalla optimoitua tasausmassan ja tasausjyrsinnän määrä ja voitaisiinko saatujen kokemusten perusteella tietoa käyttää tarjouspyyntöasiakirjoissa vastaavissa kohteissa. Lisäksi tavoitteena oli parantaa tien sivukaltevuutta ja pituussuuntaista tasaisuutta. Lähtökohtana oli, että koko KAS ELY:n osuus, noin 20 km toteutettaisiin kahden vuoden 2013 ja 2014 aikana.

Vuoden 2013 kohde oli osuuksilla 6/124/1330–6/127/2340, 6/127/2915–6/127/6685 ja 6/127/6685–6/128/295. Kohde toteutettiin kolmena osuutena, koska haluttiin korjata huonoimmassa kunnossa olevat osuudet heti ensimmäisenä vuonna.

Vuoden 2014 kohteiden osoitteet olivat 6/127/350–6/127/2340, 6/127/2915–6/127/6685 ja 6/128/295–6/128/1600.

3.3.3 Toimenpiteen ideointi

Noin 20 km mittainen kohde mitattiin laserkeilaamalla. Mittauksella saatiin pistepilvipisteistön avulla olemassa oleva tien pinnan muoto. Suunnittelun tavoitteena oli pituussuuntaisten epätasaisuuksien korjaaminen. Suunnittelun lähtökohtana tässä työssä käytettiin 10 x 10 cm ruudukkoa, joka toteutettiin Excel formaatissa. Tämä ruudukko oli muodostettu siten, että ruudukon alueelle osuneiden pistepilven pisteiden korkeusarvoista oli laskettu keskiarvo. Näiden keskiarvojen perusteella muodostui tien nykyinen pinta (nykytilamalli). Suunnittelutyön aluksi määritettiin laskenta-alueen reunat kaikille kaistoille käyttäen hyväksi pistepilven korkeus- ja heijastustietoa.

Kuva 3-14. Kaistat jaettu erillisiksi tasauskohteiksi

Kyseessä oli leveäkaistatie ja jokaisesta kaistasta muodostettiin oma tasauskohde (kuva 3-14). Kaistojen reunojen taiteviivamääritysten jälkeen laskettiin jokaisen taiteviivan jokaiselle aiemmin määritetylle, 10 cm välein sijaitsevalle pisteelle keskiarvo 15 m matkalta käyttäen matkalle sijoittuvia muita pisteitä samalta taiteviivalta. Siten laskentaväliksi muodostui 15 m välein havainnoitu liukuva keskiarvo. Tällä menettelyllä muodostettiin uuden tasauksen teoreettinen vertailupinta, joka kuvasti jokaisen pisteen suhteellista korkeuseroa teoreettiseen tienpintaan. Varsinainen kohteen tasaussuunnitelma (toteutusmalli) muodostettiin tästä pinnasta poistamalla siitä tasausjyrsinnällä ”patteja” ja kohdistamalla massatasaustoimenpiteet niille epätasaisuuksille, jotka olivat alempana kuin 2 cm vertailupinnasta. Suunnitelmaa noudattamalla tulisi siis tasatuksi 15 m aallonpituudelta löytyvät suuremmat kuin 2 cm syvät, pituussunnassa sijaitsevat kuopat.

Niissä paikoissa, joissa rakentamisvaiheeseen suunniteltu kolmas päällystyskerta oli jätetty tekemättä ja joissa oli havaittavissa selviä kantavuuspuutteita, ei päällysteen ohentaminen tasausjyrsinnällä ollut järkevää.

Kohde toteutettiin siten, että jyrsintöjä ei tehty lainkaan ja tasaus tehtiin vain tasausmassaa käyttäen. Kohteella ei siis tavoiteltukaan optimoitua ”ideaalitasausta” vaan parannettiin olemassa olevaa edellä mainittu reunaehto huomioiden.

Kohteella ei erikseen käsitelty sivukaltevuuspuutteita, koska valittu menetelmä korjasi automaattisesti pahimmat sivukaltevuusheitot.

3.3.4 Tarjouspyyntö

Yleensä perinteiseen tarjouspyyntöön arvioidaan tasausmassan määrä kohteen tarkkuudella. Joskus voidaan tasausmassalle pyrkiä antamaan tarkempiakin tierekisteriosoitteita ja määriä. Tämä kaikki tehdään yleensä silmämääräisesti. Näin tehtiin tässäkin tarjouspyynnössä. Kyseisessä kohteessa haastetta silmämääräiseen tasausmassamäärän arviointiin toi suhteellisen leveä tie, noin 13,5 m.

3.3.5 Tasausmassamäärä

Vuoden 2013 urakan tarjouspyynnössä esitetyn kohteen lisämassamääräksi arvioitiin keskimäärin 15 kg/m2, joka massatonneiksi muutettuna teki kohteella noin 2 800 tonnia. Kohteen mittauksen ja siihen liittyvän suunnittelun tuloksena tasausmassaa käytettiin keskimäärin noin 4,6 kg/m2 eli noin 860 tonnia. Eli alkuperäisestä silmämääräisesti arvioidusta tasausmassamäärä putosi noin 1/3:n (31 % alkuperäisestä). Jos tasausmassan tonnihinta on 50 €/t, niin säästön suuruusluokka kohteella oli noin 100 000 €. Säästyneellä rahalla pidennettiin ko. kohdetta.

Vuoden 2014 toteutuneen päällystyskohteen pituus oli 12,2 km. Tasausmassaa oli suunniteltu käytettäväksi noin 420 tonnia. Todellisuudessa tasausmassaa käytettiin kohteella 742 tonnia. Tasausmassa määrä poikkeaa suunnitellusta määrästä, koska kohdetta jatkettiin alkuperäisestä pituudesta noin 5,3 km. Tätä jatko-osuutta ei ollut alkuperäisessä tasaussuunnitelmassa.

Tehtyihin neliöihin suhteutettuna keskimääräiseksi tasausmassamääräksi tulee koko kohteella 5,3 kg/m2. Jos asetetaan olettamus, että arvioitu tasausmassamäärä olisi sama kuin vuonna 2013 (eli 15 kg/m2), niin lopputuloksena saadaan sama, noin 1/3 ”säästö” tasausmassamäärissä kuin vuonna 2013.

3.3.6 Mittaus- ja suunnittelukustannukset

Lähtötietomittauksen hinta muodostuu varsinaisesta mittauksesta ja mittaustulosten analysoinnista. Näiden pilottimittausten ja suunnittelukustannusten keskimääräinen hinta oli noin 1 000 €/km. Varsinainen maastossa tapahtuvan mittauksen osuus on noin viidesosa suunnittelun kokonaishinnasta.

3.3.7 Laatutarkastelu

Vuoden 2013 laatumittaustuloksista (PTM) voidaan todeta, että tasaisuus on parantunut tien päällystetyillä kohdilla. Vertailussa on käytetty vuosittain tehtyjä verkkotason PTM-mittaustuloksia. Kun ennen päällystämistä (13.4.2012) tasaisuus oli suunnassa 1 mitattuna IRI = 1,91 / IRI4 = 1,20, oli se päällystämisen jälkeen (30.10.2013) mitattuna IRI =1,23 / IRI4 = 0,86.

Vuoden 2014 kohteen tasaisuustulokset päällystämisen jälkeen olivat kohteella IRI = 1,80 / IRI4 = 0,72. Kuljettajan kokema tuntemus tiestä jaetaan alla olevan taulukon mukaan viiteen luokkaan. Tienkäyttäjän kokemus korjatulla tiellä nousi siis tasolle ”Tasainen tie. Miellyttävä ajaa”

Taulukko 3-2. Tasaisuusarvo suhteessa tienkäyttäjän kokemukseen

IRI-arvo (mm/m)	Luokka	Kokemus
< 1,3	Erittäin hyvä	Tasainen tie. Miellyttävä ajaa.
1,4 - 2,6	Hyvä	Tie on lähes tasainen. Satunnaisia epätasaisuuksia, jotka eivät juuri häiritse ajomukavuutta.
2,7 - 4,1	Tyydyttävä	Pääasiassa tasainen tie, satunnaisia epätasaisuuksia on silloin tällöin varottava. Sallittua nopeutta on helppo ylläpitää.
4,2 - 5,5	Huono	Tie on jonkin verran epätasainen. Ajonopeutta joudutaan toisinaan laskemaan ja ajolinjoja on joskus muutettava. Matkustaminen on jonkin verran epämukavaa.
> 5,6	Erittäin huono	Tie epätasainen. Ajonopeutta joudutaan usein laskemaan ja ajolinjoja muuttamaan. Matkustaminen epämukavaa.

3.3.8 Vuoden 2014 tarjouspyyntö

Vuonna 2014 päällystettiin ”loput” tästä kahdelle vuodelle jaetusta projektista. Kyseisen vuoden tarjouspyyntöön lisättiin edellisenä vuonna (2013) tietomallipohjaisen suunnittelun tuloksena saatu tasausmassataulukko (Kuva 3-15). Taulukon perusteella toinenkin urakoitsija pystyi tekemään työn samoja periaatteita noudattaen onnistuneesti. Tasaisuusmittaustulokset ja ajotuntuma tiessä olivat tällöinkin hyviä. Suunniteltu tasausmassamäärä toteutui lähes oletetusti tarjouspyynnössä esitetyn alkuperäisen suunnitelman mukaan, kun huomioidaan taas kohteen pituuden muutos.

Vt6 KAS ELY - tasattavat jaksot											
tie	ajor	suunta	kaista	aosa	aet	losa	let	pituus	nollaTAS (t)	lisäTAS (t)	YHT TAS (t)
6	0	1	1	127	400	127	420	20	1,5	0,3	1,8
6	0	1	1	127	855	127	975	120	9,0	2,6	11,6
6	0	1	1	127	1375	127	1400	25	1,9	0,3	2,2
6	0	1	1	127	1900	127	1935	35	2,6	0,2	2,8
6	0	1	1	127	1965	127	1990	25	1,9	0,2	2,1
6	0	1	1	127	2020	127	2160	140	10,5	4,1	14,6
6	0	1	1	127	2170	127	2185	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	2200	127	2235	35	2,6	0,3	2,9
6	0	1	1	127	2945	127	3080	135	10,1	4,3	14,4
6	0	1	1	127	3100	127	3115	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	3135	127	3150	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	3160	127	3175	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	3190	127	3205	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	3230	127	3255	25	1,9	1,0	2,9
6	0	1	1	127	3270	127	3295	25	1,9	0,8	2,7
6	0	1	1	127	3710	127	3725	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	3920	127	3945	25	4,5	4,5	9,0
6	0	1	1	127	3950	127	3975	25	4,5	4,5	9,0
6	0	1	1	127	4070	127	4100	30	2,3	0,3	2,6
6	0	1	1	127	4245	127	4260	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	4275	127	4290	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	4350	127	4365	15	1,1	0,3	1,4
6	0	1	1	127	4940	127	4955	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	5120	127	5140	20	3,6	0,3	3,9
6	0	1	1	127	5400	127	5900	500	90,0	3,0	93,0
6	0	1	1	127	6120	127	6135	15	1,1	0,2	1,3
6	0	1	1	127	6285	127	6335	50	3,8	0,6	4,4
6	0	1	1	127	6350	127	6365	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	6385	127	6405	20	1,5	0,2	1,7
6	0	1	1	127	6585	127	6600	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	127	6615	127	6630	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	128	688	128	723	35	2,6	0,4	3,0
6	0	1	1	128	803	128	818	15	1,1	0,1	1,2
6	0	1	1	128	1478	128	1498	20	1,5	0,2	1,7
								1 535	**175,0**	**29,9**	**204,9**

Kuva 3-15. Esimerkki tarjouspyyntöön liitetystä tasaussuunnitelmasta, suunta 1 (KaS 1/2014)

Tarjouspyyntöön annettiin myös tasaussuunnittelun perusteet, jotka oli esitetty seuraavasti:

- Viiden metrin pituinen osajakso on merkattu tasattavaksi, jos sillä esiintyy alle 15 m aallonpituudella oleva yli 2 cm epätasaisuus
- Osajaksoista on muodostettu jaksoja siten, että
- Jakso alkaa aina 5 m ennen osajaksoa (tasauksen nollaus)
- Jakso päättyy aina 5 m osajakson jälkeen (tasauksen nollaus)
- Pienin sallittu pituus kahden edellä mainitun säännön perusteella muodostetun jakson välillä on 10m
- Jos jaksojen väliin on jäänyt vain 5 m, on jaksot yhdistetty
- Suunnittelun määrälaskennassa on (lisä-TAS) kuvattu yli 2 cm epätasaisuuden tasaamiseen tarvittava tasausmassan määrä tonneissa (t)
- Jaksoille on lisäksi laskettu (nolla-TAS) 0–2 cm tasaamiseen tarvittava massamäärä kyseisen jakson pituudelle ja leveydelle käyttäen vakiokulutusta 30 kg/m².

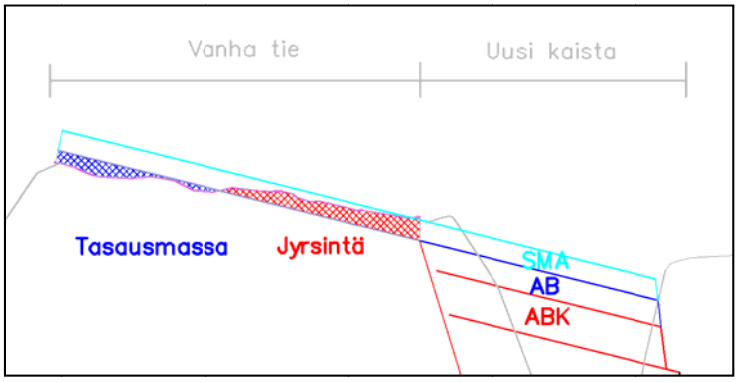
3.3.9 Yhteenveto

Yhteenvetona kohteen toteutuksesta voitiin todeta, että tasausmassa kohdentui oikeisiin paikkoihin ja sitä käytettiin optimoitu ja riittävä määrä. Lisäksi osoittautui, että tarkkaa tasausmassan paikka- ja määrätietoa pystytään noudattamaan urakoitsijasta riippumatta, kun varsinaista koneohjausvaatimusta ei kohteella ollut. Ajotuntuma tieltä vahvistaa, että päällystykselle asetetuissa tavoitteissa on onnistuttu. Tätä tukee myös kohdassa 3.3.7 esitetyt tasaisuusarvot. Etukäteen tehdyllä suunnittelulla saatiin lisäksi merkittävä kustannussäästöjä.

3.4 Vt 13 Nuijamaan lisäkaistat

3.4.1 Yleistä

Pilotissa toteutettiin päällysteen uusiminen mallipohjaisena Lappeenrannassa valtatie 13:lla välille Mustola–Metsäkansola koneautomaatiota hyväksikäyttäen. Kohteen pituus oli noin 1 km. Lähtökohtana oli leventää tietä rakentamalla raskaan liikenteen ohituskaista.



Kuva 3-16. Periaatekuva kohteen korjaustoimenpiteistä

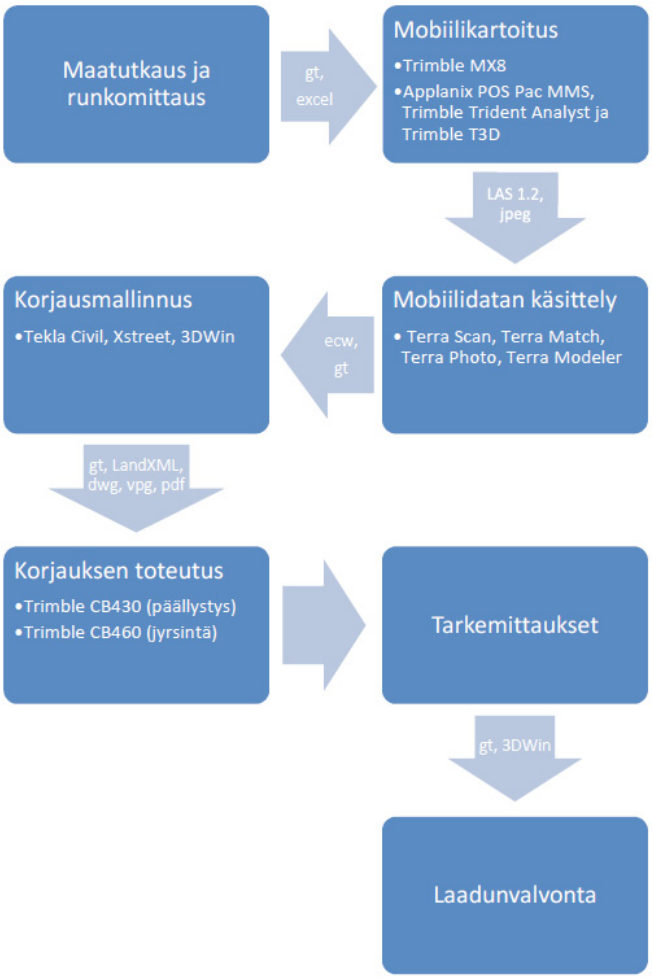
3.4.2 Työn toteutus

Vanhan tien mallinnus tehtiin ajoneuvolaserkeilauksella. Ennen keilausta tehtiin kahdensadan metrin välein signalointi ja niiden kartoitus (kuva 3-17). Tämän jälkeen muodostettiin lähtötietomalli, joka sisälsi vanhan päällysteen pintamallin, keskiviivan, päällysteen reunat ja maaliviivat. Tätä aineistoa hyödyntäen suunniteltiin uusi tiegeometria koko tieosuudelle. Vanhan tien osalta tasauksen suunnittelussa lähtökohtina olivat riittävän kantavuuden säilyttäminen, kuivatuksen toimivuus sekä toimivan ajodynamiikan toteuttaminen samalla optimoiden jyrsintä- ja leikkausmassoja. Suunnittelussa hyödynnettiin maatutkalla mitattuja päällystepaksuuksia. Korjaustyön toteutusmalli sisälsi uuden tien mittauslinjan, levityskaistan kantavan kerroksen jyrsinnän sekä uusien päällysteiden koneohjausmallit.

Kuva 3-17. Esimerkki signalointipisteen muodosta ja sijainnista tiellä

Toteutuksen kaikissa vaiheissa hyödynnettiin täkymetripaikannukseen perustuvaa työkoneohjausta. Uuden kaistan kantavien kerrosten toteutus tehtiin 3D-tiehöylällä ja 3D-asfalttinlevittimellä. Vanhan tien kaistojen profiloinnissa hyödynnettiin 3D-koneohjattua jyrsintää ja tasausmassan levitystä. Myös ylin päällystyskerros toteutettiin 3D-asfaltinlevittimellä.

Kuvassa 3-18 on esitetty kohteen päävaiheet, tiedonsiirto ja tekninen ympäristö.



Kuva 3-18. Pilotin päävaiheet, tietotekninen ympäristö ja tiedonsiirto (Klements 2013, Tuominen 2013)

Raportin mukaan mallinnuksen hyötynä voitiin esittää:

- Mobiilikartoitus toimi pintamallin luonnissa hyvin niin nopeuden, tarkkuuden kuin työturvallisuudenkin kannalta
- Yksityiskohtainen korjauksen suunnittelu pintamallin avulla onnistui
- Tien geometrinen optimointi ja sitä kautta massojen säästö
- Korjauksen nopeutuminen suunnittelemalla massat ja työvaiheet ennalta
- Tarkkuuden ja tehokkuuden parantuminen koneautomaation myötä
- 3D-koneohjatun jyrsinnän toimivuus.

Kehitettävinä asioina nousi esille:

- Selkeiden suunnitteluohjeiden puute ylläpitoluonteisiin kohteisiin
- Työn edetessä ohjeita jouduttiin soveltamaan
- Suunnitteluohjelmiston kehitystarpeita
- Mallipohjaisen toimintatavan huomioiminen hankintamenettelyissä.

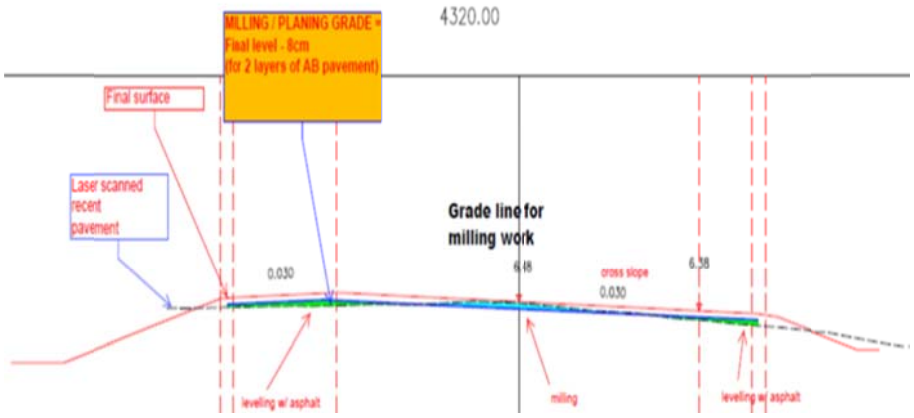
Tarkempi projektikuvaus on esitetty raportissa ”*InfraFINBIM pilottiraportti: Päällysteenkorjauksen mallipohjainen suunnittelu ja toteutus (Destia Oy, Leinonen, Jaakkola)*”

3.5 Vt 51 Kivenlahti–Kirkkonummi

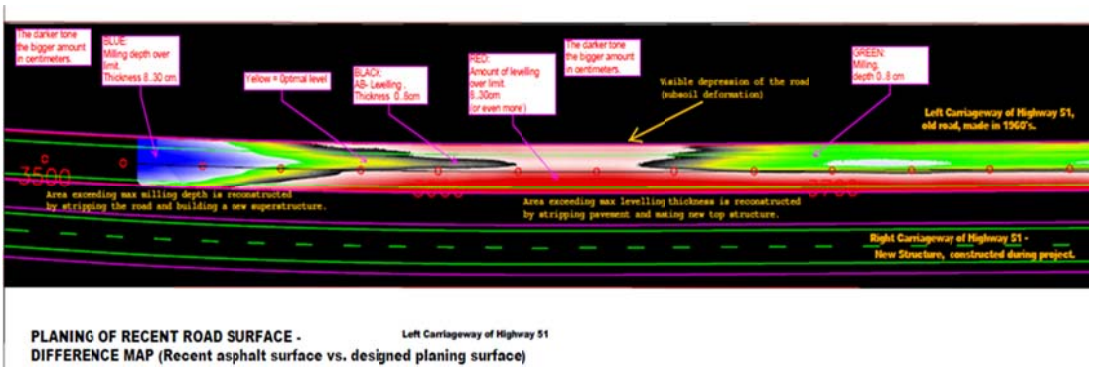
3.5.1 Yleistä

Kohde sijaitsi Kt 51 Espoon Kivenlahden ja Kirkkonummen välillä. Yksiajoratainen maantie muutettiin kaksiajorataiseksi moottoritieksi. Perusperiaatteena oli, että vanha ajoradan sivukaltevuus muutettiin moottoritiekaltevuudeksi ja rakennettiin uusi ajorata vanhan viereen. Vanhasta yksiajorataisesta tiestä, jossa oli kaksisuuntainen liikenne ja kaksipuolinen kaltevuus, tehtiin yksisuuntainen yhteen suuntaa kallistuva tie. Hanke oli luonteeltaan korjaus- ja uudisrakennushanke, jossa asfaltin optimointia, jyrsintää ja levitystä, tehtiin mallipohjaisesti pääosin vanhan ajoradan puolella. Pääurakoitsija on todennäköisesti käyttänyt mallipohjaista suunnittelua itse rakennussuunnittelussa. Tässä projektissa tarkasteltiin suunnitteluvaihetta ja väylän tuotemallia vain asfalttitöiden osalta. Toteutusmallia käytettiin asfalttijyrsimen koneohjaukseen, levitysryhmän mittamiehen lähtötietoina ja mallipohjaisessa laadunvarmistuksessa.

Kuvassa 3-19 on esimerkki poikkileikkaus suunnitteluvaiheesta. Periaatteena oli jyrsiä tienharja pois ja täyttää ajoradan reuna tasausmassalla.

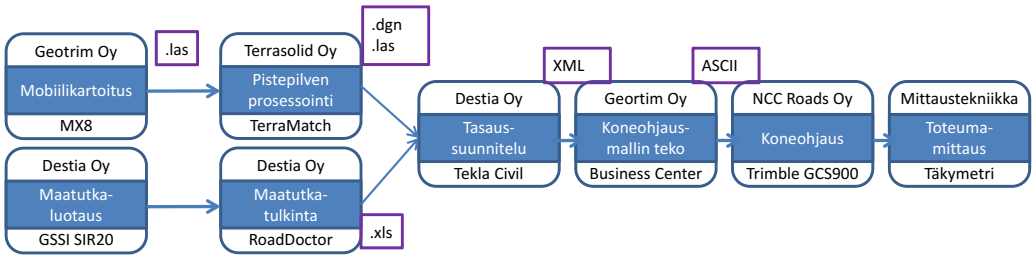


Kuva 3-19. Esimerkki - Kt51-poikkileikkaus suunnitteluvaiheessa



Kuva 3-20. Esimerkki - Tasausjyrsinnän ja massatasauksen erokuva suunnitteluvaiheessa

Kuvassa 3-20 on esitetty havainnollisesti vanhan tien tasot jyrsinnän ja tasauksen suhteen. Kuvassa vihreä väri vastaa 0…8 cm jyrsintää, sininen 8…30 cm jyrsintää, musta 0…8 cm tasausmassaa, punainen 8…30 cm tasausmassa ja keltainen ei toimenpiteitä. Kuvassa näkyy myös toinen ajorata, jolle ei suunniteltu toimenpiteitä.



Kuva 3-21. Tietoketjun ja tiedonsiirron kaavio Kt 51 pilotissa.

3.5.2 Kohteen arviointi

Ehkä suurin hyöty saavutettiin lähtötietomallin avulla tehtävästä massalaskelmasta ja toteutukseen tarvittavien resurssien pienentymisestä. Muun muassa maastossa tehtävät mittaukset vähenivät ja koneohjauksen avulla lopputulos saavutettiin yhdellä työstökerralla. Myös työturvallisuuden katsottiin kohteella parantuneen. Alla olevassa taulukossa 3-3 on esitetty mallin vertailua perinteiseen malliin.

Taulukko 3-3. Perinteisen ja tasausoptimointimenetelmän vertailu Kt51-hankkeelle

Suure	Perinteinen menetelmä	Tasausoptimointimenetelmä
Lähtötietomallin mittausnopeus	Mittaus takymetrillä 1 km/tv	Mobiilikartoitus 50 km/h
Lähtötietomallin tarkkuus	Taitepisteet 10 m välein & ei tietoa urista ja painanteista & murtoviivat	3000 pistettä/m² & urat ja painanteet mukana & matemaattiset parametrit
Suunnittelun tarkkuus	Epätarkka massalaskelma	Tarkka massalaskelma
Toteutuksen ohjaus	1. merkintämittaus 5x5 m² ruutuun Manuaalinen koneen ohjaus 1. tarkistava mittaus 5x5 m² ruutuun Manuaalinen koneen ohjaus (useimmiten) 2. tarkistava mittaus 5x5 m² ruutuun	Automaattinen koneohjaus Laadunvarmistus takymetrilla
Toteutuksen tarkkuus	Tarkka toteutus vaatii yleensä kaksi työstökertaa	Tarkka toteutus (± 2 cm) yhdellä työstökerralla

Tarkemmin prosessi on kuvattu ”*InfraFINBIM tulosraportissa 2011–2012, Marttinen, Heikkilä*”.

3.6 Kt 55 Porvoo–Mäntsälä

3.6.1 Kohteen yleistiedot

Kohde sijaitsee Porvoossa Kt 55 välillä Porvoo–Mäntsälä. Kohteen tarkempi osoite on 1/1700–1/5400 ja pituus 3700 m. Keskimääräinen vuorokausiliikenne on noin 6950 ajon/vrk. Päällysteleveys on 10 m.

Tarjouspyynnössä ”Tienpäällystysurakka UUD 3 TP 2014” oli kohteen tasausmassamääräksi arvioitu noin 200 t ja päällystystoimenpiteeksi oli määritelty SMA 16/90 MPKJ. Sivukaltevuuden parantamiseksi oli arvioitu jyrsintämääräksi 2 000 m2. Kohteeseen kuului myös päällysteen reunan täyttö murskeella. Lisäksi kohteesta oli todettu, että sen toteutuksessa hyödynnetään tietomallia sivukaltevuuden parantamiseksi. Tien profiili optimoitiin jyrsimällä ja tasaamalla. Urakoitsija otti hinnoittelussaan huomioon tiedon käsittelystä aiheutuvan työmäärän ja luovutti PTM-mittauksista saatavan datan tutkimuskäyttöön (molempiin suuntiin: regressiosivukaltevuudet, poikkileikkaukset 10 metrin välein).

Kohteen sivukaltevuuksissa oli merkittäviä puutteita. Laserkeilaustulosten perusteella puutteita esiintyi lähes koko matkalla. Lisäksi merkittävää kohteelle oli, että siellä esiintyi ns. ”veneenpohja-osuuksia” jossa tien keskiosa oli alempana kuin reunat. Tämä oli todennäköisesti aiheuttanut veden jäämistä tien keskiosaan ja sitä kautta johtanut purkautumiin päällysteen keskisaumassa.

Alun perin pilottikohteella oli tarkoitus korjata vain sivukaltevuuspuutteita, mutta myöhemmin katsottiin, että jyrsinnän ja tasausmassan optimoinnilla oli mahdollista saavuttaa hyviä korjaustuloksia myös ko. kohtien pituussuuntaisten heittojen poistolla. Tämä edellytti heittojen kohdalla riittävää päällystepaksuutta.

Kriittisimmät pituussuuntaiset heitot kohteella osuivat kohteen alkuosalle. Osoitteessa 55/1/1850 oli voimakas pituussuuntainen heitto/painuma (kuva 3-22). Maastokatselmuksessa voitiin todeta, että siitä oli haittaa etenkin perävaunullisille kuormaautoille. Useat kuljettajat hidastivat ajonopeutta painuman kohdalla.

Kuva 3-22. Painuma kohteen alussa Kt 55/1/1850

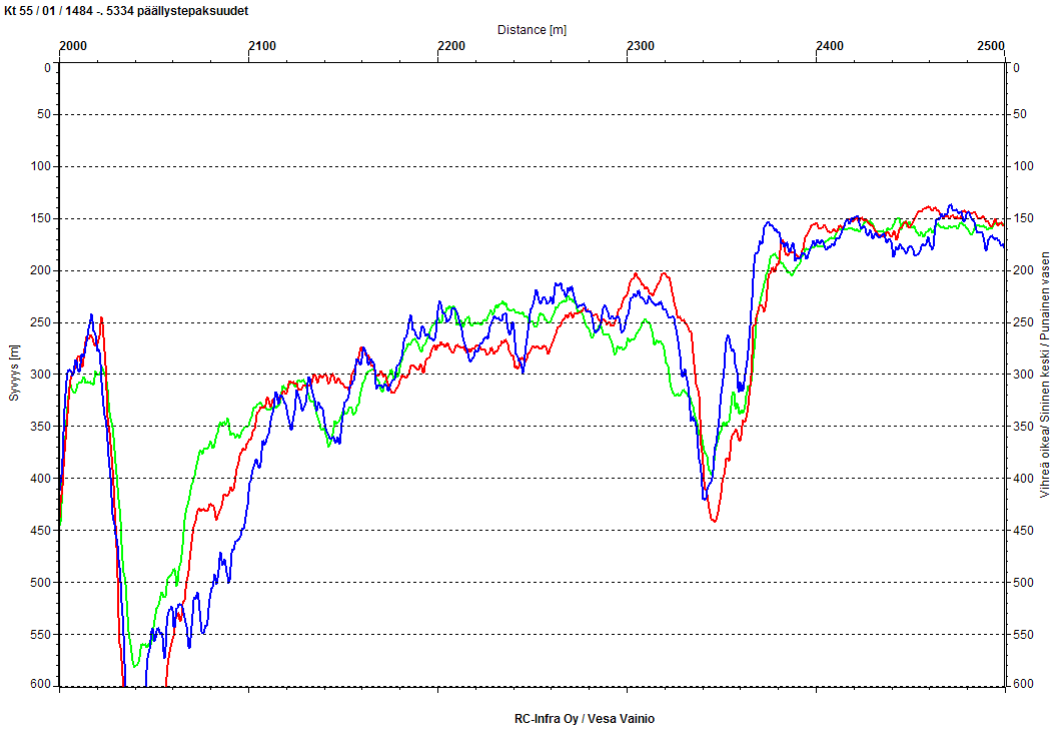
Toinen, ehkä vielä kriittisempi kohta oli edellisestä noin 200 m päässä osoitteessa 55/1/2045 (kuva 3-23). Kyseessä oli oja, jossa sijaitsee betonirumpu. Heitto aiheutti ”melko suurta” haittaa liikenteelle.

Kuva 3-23. Heitto rummun kohdalla osoitteessa Kt/55/1/2045

3.6.2 Päällystepaksuudet

Kohteelta oli mitattu päällystepaksuudet päällystetutkalla. Kuvassa 3-24 on esimerkki tutkatuloksista väliltä 1/2000–1/2500. Tulos on esitetty metrin keskiarvotuloksena. Vihreä väri kertoo paksuuden päällysteen oikeasta reunasta, sininen keskeltä ja punainen vasemmasta reunasta. Pääosin päällystepaksuus oli noin 150 mm. Ohuimmillaan kohteen päällystepaksuus yksittäisissä kohdissa oli noin 100 mm ja enimmillään noin 600 mm.

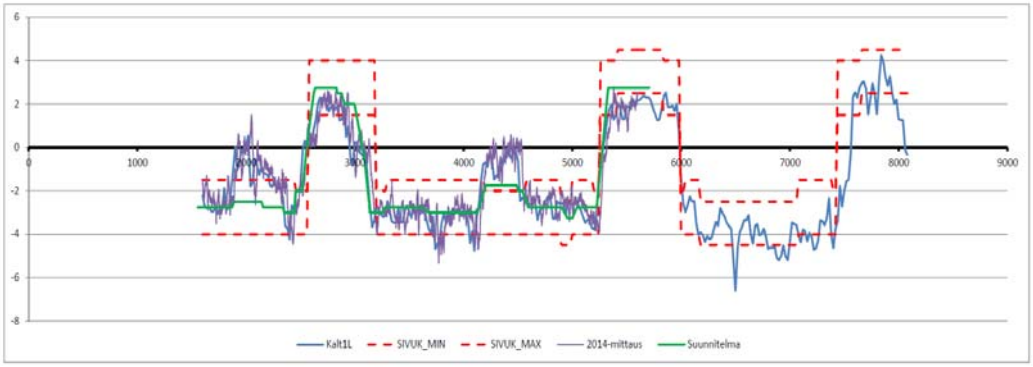
Päällystepaksuus todettiin kuormituskestävyyden kannalta riittäväksi, jotta myös jyrsintää voitiin hyödyntää.



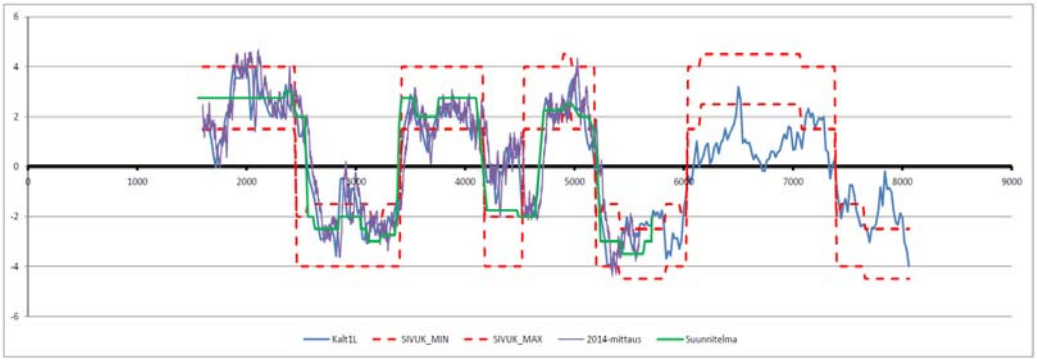
Kuva 3-24. Päällystepaksuus välillä 1/2000–1/2500.

3.6.3 Sivukaltevuudet

Alla olevissa kuvissa on esitetty kohteen sivukaltevuusmittaukset. Mittauksia oli tehty vuosina 2012 ja 2014. Vuonna 2012 (Kalt1L) tehdyt PTM-mittaukset korreloivat hyvin vuoden 2014 tehdystä mobiililaserkeilauksesta tulkittujen sivukaltevuuksien kanssa. Lisäksi v.2012 tehdyt mittaukset jatkuvat pilottikohdetta pidemmälle osuudelle. Loppupiste on noin 1/8000.



Kuva 3-25. Sivukaltevuus Kt 55, suunta 1.



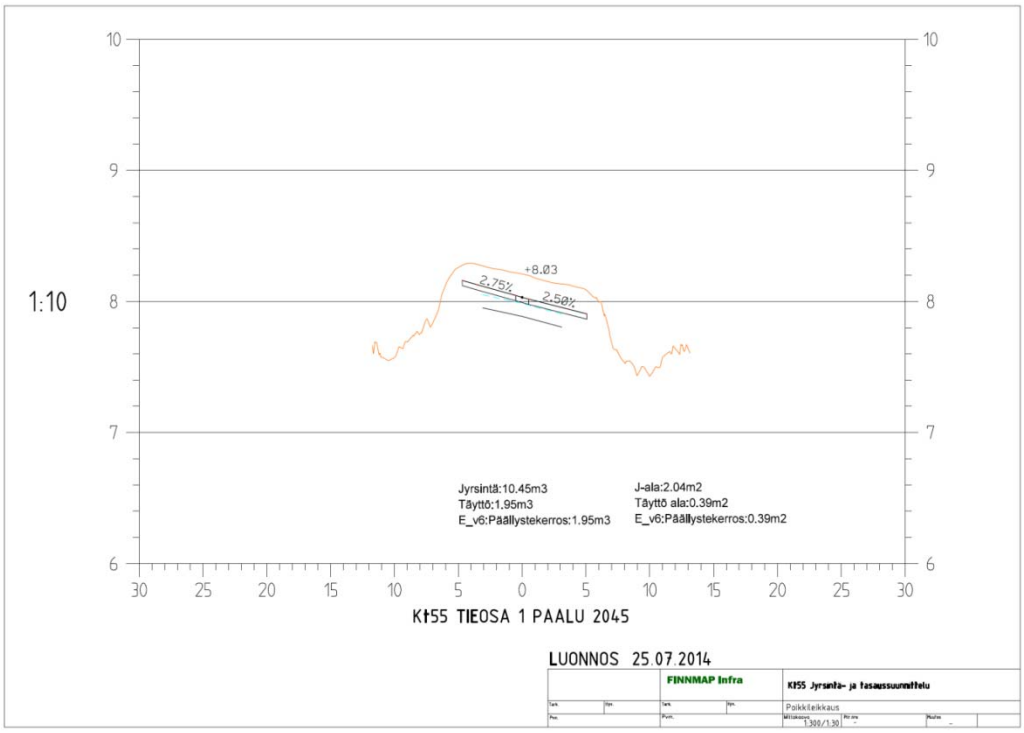
Kuva 3-26. Sivukaltevuus Kt 55, suunta 2.

Kaaviossa oleva vihreä viiva kertoo suunnitellun kohdekohtaisen sivukaltevuuden. Punainen katkoviiva on ylläpidon sivukaltevuuden tavoitehaarukka. Haarukka on määritelty PTM-mittauksesta saatavan tien kaarteisuuden perusteella.

Vuosina 2012 ja 2014 mitatut sivukaltevuudet ovat melko lähellä toisiaan eli ne eivät merkittävästi – ainakaan tässä kohteessa – muutu kahden vuoden aikajänteellä. Myös laserkeilausdatasta saadaan tulkittua sivukaltevuudet helposti ja tarvittaessa hyvinkin tiheästi.

3.6.4 Jyrsinnän ja tasauksen suunnittelu

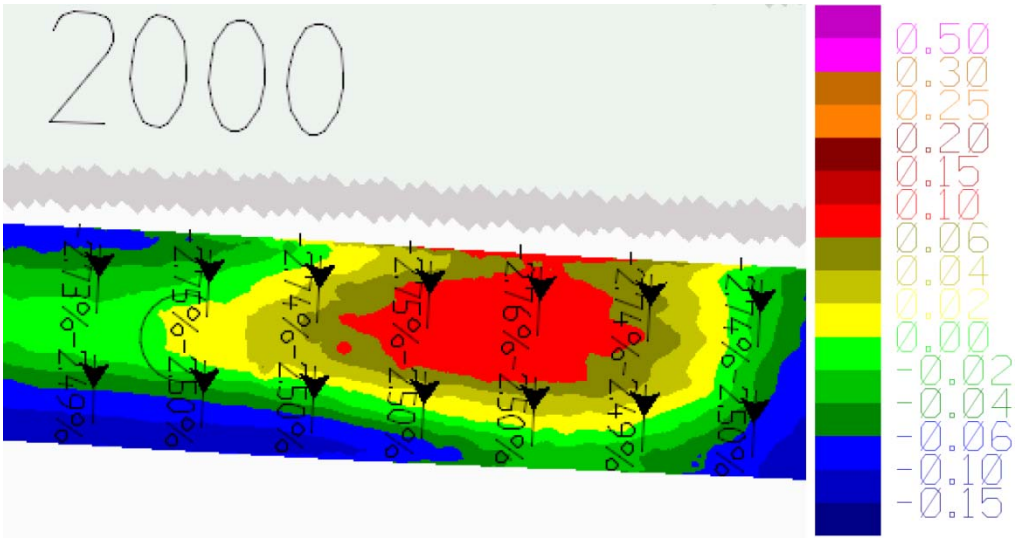
Jyrsinnän ja tasauksen suunnittelussa lähtötietona käytettiin mobiililaserkeilattua pistepilveä sekä maatutkauksista muodostettua päällysteen alapintamallia. Suunnittelun havainnollistamista varten tietomalleista tulostettiin perinteiset poikkileikkaukset 5 m välein sekä karttaesityksiä mm. erotuspinnoista. Kuvassa 3-27 on esitetty poikkileikkaus osoitteessa 1/2045. Alustavan suunnitelman mukaan on jyrsintäsyvyys rumpuheiton kohdalla noin 200 mm. Tutkamittaustulosten mukaan kohdan päällystepaksuus on noin 350 mm (kuva 3-24).



Kuva 3-27. Pinnan poikkileikkaus osoitteessa 1/2045 (Finnmap Infra Oy/Petri Niemi)

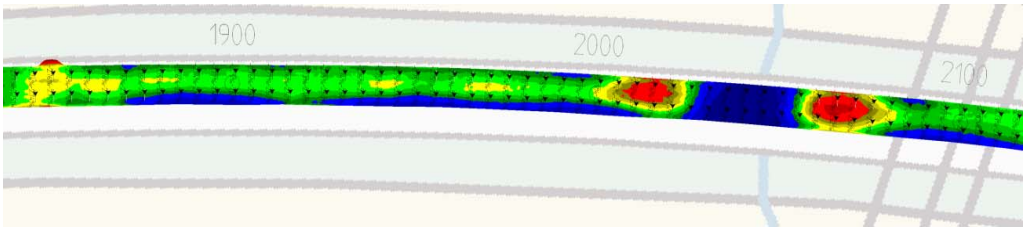
Suunnittelutyössä pyrittiin sivukaltevuus pitämään kuvien 3-25 ja 3-26 raja-arvojen sisällä niin, että jyrsittävissä kohdissa olemassa olevaa päällystettä jää vähintään 100 mm. Kun vanhan päällysteen lisäksi uutta päällystettä tulee noin 40 mm, on päällystepaksuus minimissään 140 mm. Kuvassa 3-27 on piirretty kaksi poikkiviivaa; Alempi viiva esittää päällysteen alapintaa ja ylempi (100 mm korkeammalla) esittää minimipaksuuden alarajaa.

Tehtyjen mittausten jälkeen mallinnus-/suunnitteluohjelman avulla kohteesta tehtiin ”erokuva”. Kuvassa 3-28 olevien värien avulla voidaan suhteellisen nopeasti saada yleiskäsitys toimenpiteistä (massatasus/tasausjyrsintä) ja niiden laajuudesta (pinta-ala ja syvyys). Esimerkkikuvassa on esitetty myös suunnitelman mukaiset sivukaltevuudet.



Kuva 3-28. Sivukaltevuudet, jyrsintäsyvyys ja massatasaustarve, Kt 55/1/2045

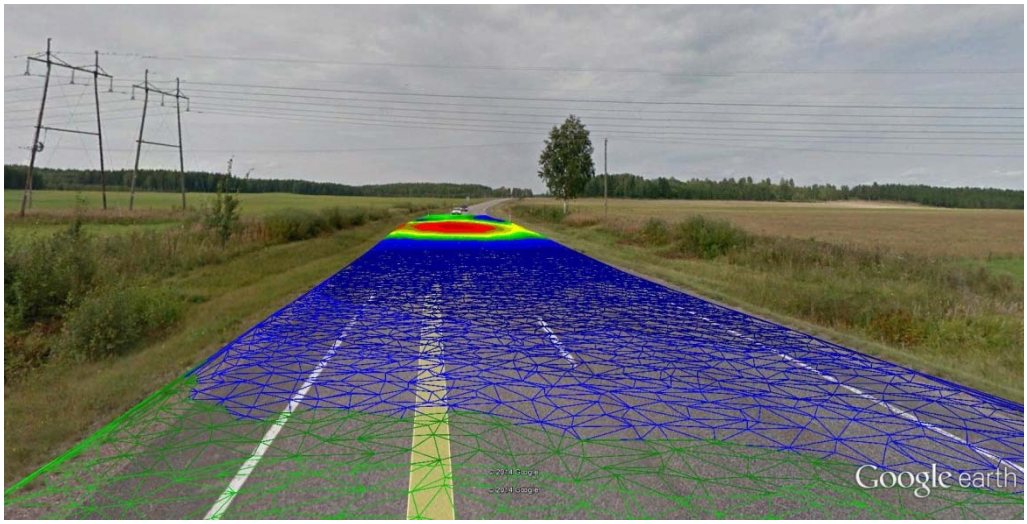
Vihreästä siniseen liukuva väri kertoo jyrsintätarpeen ja keltaisesta violettiin liukuva väri kertoo tasausmassatarpeesta.



Kuva 3-29. ”Erokuva” kohteelta Kt 55 1/1800-1/2100

Kuvasta 3-29 on havaittavissa esimerkiksi painuma osoitteessa 55/1/1850 ja rumpunousu osoitteessa 55/1/2045.

Tämän päivän kehittyneet ohjelmistot antavat mahdollisuuksia mitatun datan soveltamiseen mitä moninaisimmissa ympäristöissä. Alla olevissa kuvissa nykytilan ja suunnitelman välinen erotuspintamalli on asetettu Google Earth-ympäristöön (kuva 3-30) sekä pienoiskopterilla kuvattuun havainnekuvaan (kuva 3-31).



Kuva 3-30. Havainnollinen kuva kohteesta, rummun kohdalta Google Earth -ympäristössä. (Finnmap Infra Oy / Petri Niemi)

Kuva 3-31. Tasaussuunnitelma upotettuna viistokuvaan. QR-koodilla pääsee katsomaan videon kohteen suunnittelusta ja toteutuksesta. (Finnmap Infra Oy / Petri Niemi)

Ennen varsinaisten konetöiden aloittamista urakoitsija päätti merkitä tehdyn tietomallipohjaisen suunnitelman tiedot tiehen viiden metrin välein työskentelyä ohjaamaan ja selkeyttämään. Kuvassa 3-32 on esimerkki urakoitsijan merkinnöistä.

Kuva 3-32. Esimerkki urakoitsijan merkinnöistä ennen jyrsinnän aloittamista.

Vihreällä merkitty lukema (880) on etäisyys tieosan alusta ilman kilometrejä (kyseessä siis tie 55/1/1880). Punaisella värillä on merkitty tasausjyrsintäsyvyys (9 mm) keskilinjan kohdalta. Valkoisella värillä on merkitty jyrsintäkaltevuus (-2,6 %) kyseisellä kaistalla. Merkit maalattiin tiehen 5 m välein. Jyrsintäsyvyys ja kaltevuus olivat ohjaustietoja työryhmälle. Ohjaustieto voidaan valita keskilinjan sijaan myös esimerkiksi reunalinjojen kohdalle. Jyrsintä aloitettiin keskilinjalta käyttämällä kaltevuusautomatiikkaa ja säätämällä jyrsintäsyvyys merkintöjen mukaan. Jyrsimen leveyden ollessa 2,2 m kaistaa kohden tuli 2–3 jyrsintäkertaa. Ensimmäisen jyrsintälinjan jälkeen korko seuraavalle jyrsintälinjalle otettiin nollakorkona automaattisesti edellisestä linjasta.

3.6.5 Havaintoja kohteella Kt 55

Mobiililaserkeilauksella pystyttiin mittaamaan suhteellisen nopeasti havainnollinen kolmiulotteinen malli tien pinnasta. Maatutkauksella varmistettiin olemassa olevan päällysteen paksuus niin, ettei päällystettä jyrsittäisi puhki tasausjyrsinnän yhteydessä. Jossain kohdassa jyrsintäsyvyys aiheutti kuitenkin päällysteen liiallisen jyrsinnän murskepintaan asti, vaikka näin ei suunnitelmien mukaan ollut tarkoitus. Esille nousee kysymys päällystepaksuuden mittauksen tarkkuudesta maatutkalla mitattaessa. Tietä oli joskus ilmeisesti levennetty koko kohteen matkalla. Jälkeenpäin levennetyllä tiellä päällysteen paksuus ei välttämättä ole pientareella sama kuin muualla tien poikkileikkauksella. Esimerkkikuvassa 3-33 tien reuna on mennyt jyrsittäessä ”puhki”. Lisäksi kuvasta on havaittavissa jyrsinnän jälkeen syntynyt reunapalle. Todettakoon, että murskepinnan syvyydeltä toteutettu jyrsintä ulottui ainoastaan kyseisessä kohdassa pientareelle asti. Varsinaisella kaistalla päällyste ei mennyt puhki missään kohtaa.

Kuva 3-33. Pientareella ”puhkijyrsitty” päällyste ja reunapalle.

Jyrsinnän ohjausviivat olisi hyvä suunnitella keskilinjan lisäksi myös molemmille reunalinjoille jotta ”veneenpohja” kohtien jyrsinnät olisi mahdollista aloittaa tien reunoilta (veneenpohjassa keskilinjalta ei voi ohjata jyrsintää). Näille kohdille tulisi siis massatasausta keskilinjan kohdalle ja tasausjyrsintää reunoille. Oleellista on kyetä valitsemaan jyrsintälinja oikeasta kohdasta (keskilinja/reunalinja).

Jyrsintärouhetta kohteelta syntyi suunnitelman mukaan noin 3 600 tonnia, joka vastasi myös toteutunutta määrää.

Tasausmassaa kohteelle meni 160 t (tarjouspyynnössä arvioitu 200 t) ja varsinaista päällystemassaa käytettiin noin 3 400 t. Eli massatasapaino oli suunnitelman mukainen. Eli uutta massaa käytettiin yhtä paljon kuin vietiin pois. Tämä ei kuitenkaan ollut itsetarkoitus vaan toteutui suunnitelman mukaan.

Jyrsinnän avulla parannettu sivukaltevuus aiheutti paikoittain tien pinnan putoamisen reunoilla, jonka seurauksena muodostui korkeahko reunapalle. Tämä on huomioitava suunnitteluvaiheessa siten, että veden kertyminen palteen takia tien reunaan on estettävissä/hoidettavissa hallitusti erilaisin menetelmin.

Keskustelua herätti myös päällystystyömenetelmän valinta. Periaatteessa alusta oli tasattu ja menetelmäksi olisi ollut sopivampi LTA. Kuitenkin harkinnan jälkeen päätettiin käyttää MPKJ:tä tasaisuuden varmistamiseksi etenkin jyrsinnän ”epätasaisuuskohdissa”.

Pienenä yksityiskohtana nousi esille kohteen paikkatiedon tarkempi määrittäminen. On tunnettua, että GPS-paikantimien tarkkuus vaihtelee. Kohteelle olisi hyvä merkitä fyysinen alku ja loppupiste, mistä kaikki osapuolet (usein toimijoita on paljon) saavat kiinni kohteen tarkan osoitteen.

Prosessin aikana huomattiin, että osapuolten yhteistyö työn toteutusvaiheessa on tärkeää. Erityisesti suunnittelijan ja urakoitsijan yhteistyöllä on suuri merkitys lopputuloksen kannalta.

Kohteella syntyi myös (5.10.2014) liikennettä vaarantava tekijä. Rummun kohdalla paksu päällyste oli mahdollistanut tien kasassa pysymisen syvällä tierakenteessa olemassa olleen onkalon päällä. Rummun kohdalla jyrsintäsyvyys oli 23 cm, jolloin ohentunut päällyste ei jaksanut kantaa liikenteen kuorma vaan tierakenteessa tapahtui pieni paikallinen sortuma, jonka seurauksena tierakenteen läpi syntyi syvä reikä. Reikä onnistuttiin huomaamaan heti ja paikkaamaan pikaisesti.

Aikataulultaan kohteen kokonaiskestoajaksi tiemerkintöineen muodostui noin 4 viikkoa. Kohteen jyrsintä toteutettiin viikoilla 41–42 ja päällystys viikoilla 43–44. Normaalipäällystys ko. kohteella olisi vienyt kaikkine viimeistelytöineen noin viikon. Toteutus on siis normaalia pidempi, jyrsintä vaati lisäaikaa. Varsinainen mallipohjainen suunnittelu ei sinänsä pidennä juurikaan toteutusaikaa. Kuitenkin toimintojen aikataulutahdistusta kannattaa miettiä normaalia tarkemmin ko. kohteilla.

3.6.6 Toteumavertailu

Toteutuksen jälkeen, lokakuun lopussa, tehtiin uusi mobiililaserkeilaus toteutumavertailua sekä tien kunnon parantumisen analysointia varten. Toteutumaa vertailtiin suunnitelmaan laadunvarmistusmielessä sekä selvitettiin tien geometrian parantumista esim. turvallisuuden kannalta.

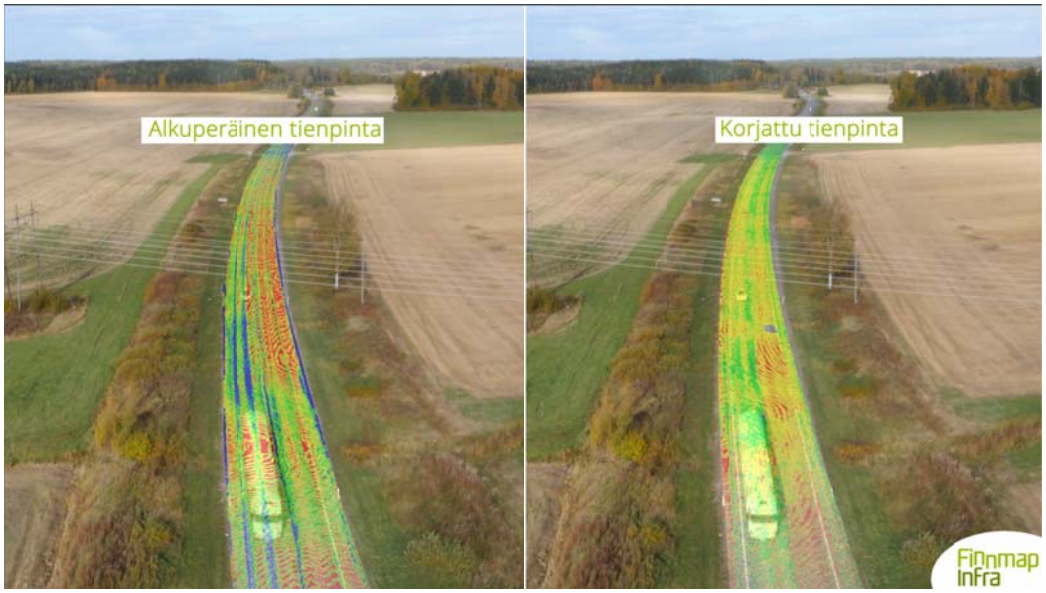
Normaalissa ylläpidon päällystystöissä tien turvallisuus toki paranee uuden päällysteen myötä sekä urien ja tiettyjen epätasaisuuksien pienentyessä, mutta tien geometrisen turvallisuuden parantaminen ei ole juurikaan mahdollista. Tässä projektissa turvallisuuden parantaminen muodostui tärkeäksi tavoitteeksi, kun huomattiin sen olevan mahdollista myös päällystystoimin. Turvallisuutta pyrittiin parantamaan pituusheittojen sekä sivukaltevuuspuutteiden ja -heittojen poistamisella.

Toteumamittauksiin perustuen voidaan todeta, että tien turvallisuus on selkeästi parantunut parempien sivukaltevuuksien ja vähäisempien heittojen myötä. Kuivatuksen toimiessa paremmin myös tien kestävyys ja hoidon/ylläpidon syklit ovat varmasti pidemmät verrattuna siihen, mitä ne olisivat olleet perinteisen päällystystyön toteuttamisen jälkeen.

Kuva 3-34. Esimerkkikuva keilausaineiston poikittaissuuntaisesta toteumavertailusta ja havainnollistamisesta Excelissä.

Kuva 3-35. Kaaviokuva kohteen Kt55 sivukaltevuuksista. Punaisen ja ruskean sävyillä on esitetty suunnan 1 kaltevuuksia, vihreän ja sinisen sävyillä on esitetty suunnan 2 kaltevuudet.

Kohteen toteumavertailu osoittaa, että mallipohjaisesti suunnitellen ja optimoiden päällystystoimenpiteet on mahdollista kohdentaa erityisesti ongelmakohtiin käytettävissä olevien varojen puitteissa tai halutun laatutason saavuttamiseksi. Menettelyn ansiosta tiestä tulee selkeästi turvallisempi, tasalaatuisempi ja kestävämpi kuin perinteistä päällystysmenettelyä noudattaen.



Kuva 3-36. Esimerkkikuva kokonaiskaltevuuksien vertailusta ennen ja jälkeen toteutuksen graafisesti havainnollistettuna.

Kohteen tarkempi kuvaus löytyy Petri Niemi/Finnmap Infra Oy:n opinnäytetyöstä *"Mallipohjaisen suunnittelun hyödyntäminen ylläpidon päällystyskohteissa – "Päällystysoptimointi", Case Kt55"* vuodelta 2014 sekä erillisestä toteumavertailuraportista keväältä 2015.

3.7 InfraFINBIM-ylläpidon pilottikohde Mt 3662

3.7.1 Yleistä

Maintenance BIM-projekti oli yksi RYM Process Re-Engineering (PRE) -tutkimusohjelman InfraFINBIM-työpaketin pilottiprojekteista, jossa selvitettiin tietomallintamisen hyödyntämismahdollisuuksia tieväylien ylläpidossa ja hoidossa. Projekti toteutettiin vuosien 2011–2014 aikana.

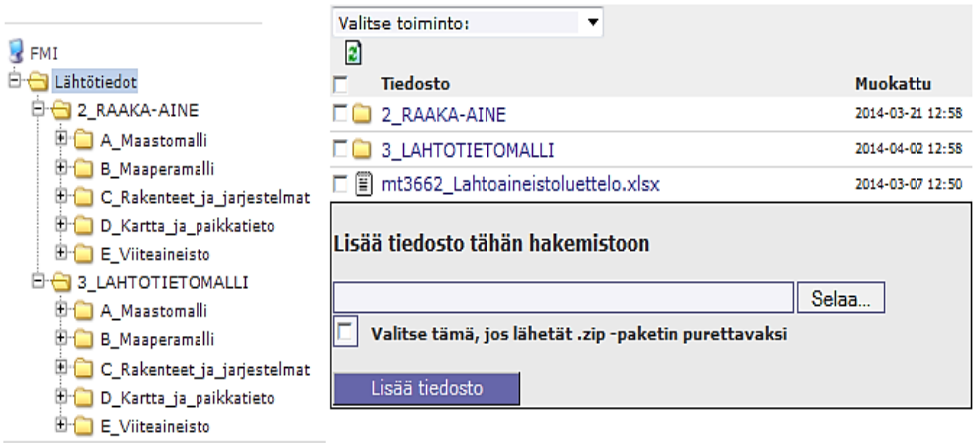
Maintanance BIM-projektissa toteutettiin useita pilottikohteita hiukan erilaisin konseptein. Yksi projektin piloteista oli Mt 3662, jossa tavoitteena oli:

- lähtötietomallin luominen ylläpidon rakenteenparannussuunnittelua varten
- mitatun toteumatiedon tallentaminen toteumamalliin
- toteumamallin vertaaminen laadunvalvontatarkoituksessa toteutusmalliin
- mallipohjainen rakenteenparannussuunnittelu
- toteutusmallin luominen rakenteenparannuskohteesta
- toteutusmallin hyödyntäminen rakenteenparannustyössä.

Mt 3662 pilottikohde sijaitsee Kouvolan kaupungin alueella välillä Voikkaa–Multahovi. Kyseinen maantie on osa Suomen alempaa tieverkkoa. Tiellä tiedettiin olevan erityisesti kantavuuspuutteita ja epätasaista routanousua. Nämä seikat hankaloittavat muun muassa tien turvallista käyttöä ja talvihoidon toimenpiteitä.

3.7.2 Lähtötietojen keräys

Pilotin toteutus aloitettiin helmikuussa 2013 lähtötietomalliin kerättävän aineiston kartoituksella. Ajanjakson 02/2013–04/2014 aikana kerättiin eri rekistereistä ja tietovarastoista aineistoa sekä suoritettiin maastossa mittauksia ja tiedonkeruuta. Kaikki hankitut aineistot koottiin konsulttitoimisto Finnmap Infran palvelimelle (kuva 3–37). Aineistosta laadittiin InfraFINBIM Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV 2014 Lähtötietojen vaatimukset; Lähtötilamallit) ohjeen mukainen lähtöaineistoluettelo.



Kuva 3-37. Finnmap Infran palvelimella oleva lähtötietoaineiston kansiorakenne.

Erikseen mitattu aineisto koostui seuraavista mittauksista (suluissa mittausajankohta):

- laserkeilaus ja maatutkaluotaus, Roadscanners Oy mitta-autolla
    - kevät-talvi (04/2013)
    - kesä (06/2013)
- maastokäynnit (04/2013, 06/2013 ja 04/2014)
- mobiilikartoitus GEOVAP, Spol. s r.o. mobiilikartoitusajoneuvolla (06/2013)
- PPL mittaukset (06/2013)
- rumpujen tarkemittaus (12/2013)
- tierakennekairaukset ja kantavan kerroksen näytetutkimukset (12/2013)
- Traffic Speed Deflection (TSD) mittaukset (10/2013).

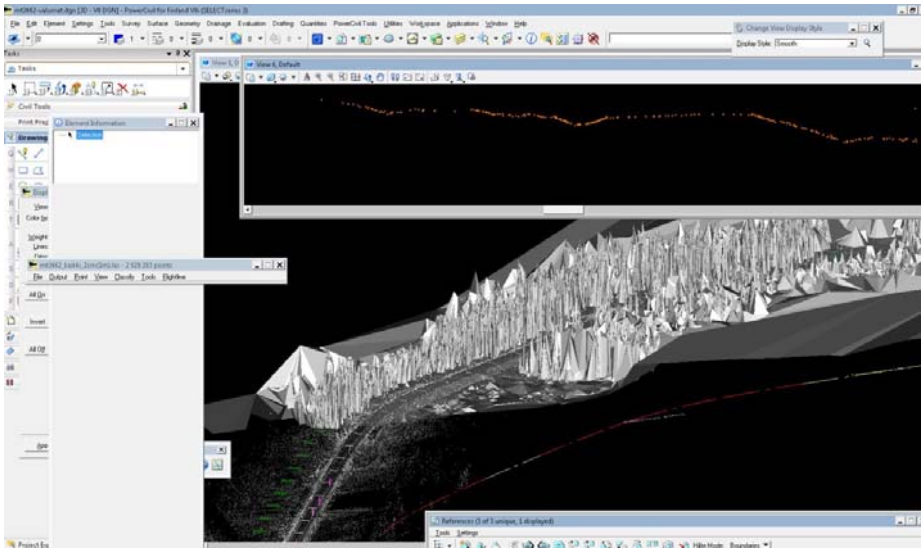
Rekistereistä hankittua aineistoa olivat (suluissa mittaus-/hankinta-ajankohta):

- palvelutasomittausaineisto (07/2013)
- kiinteistötietojärjestelmän kiinteistörajat (03/2013)
- liikenneviraston tierekisteritiedot (04/2013)
- maanmittauslaitoksen lentokonelaserkeilausaineisto
- geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartta
- johtotietojärjestelmän johtotieto
- maanmittauslaitoksen rasterikartta
- maanmittauslaitoksen ilmakuvat.

Finnmap Infra Oy ja SITO Oy yhdistivät mobiilikartoituksesta laaditun pintamallin ja maatutkaluotauksesta tulkitun rakennekerrosmallin lähtötietomalliksi ja liittivät siihen paikkatiedon perusteella muun mittausaineiston ja rekistereistä haetun tiedon. Ramboll suoritti kohteelle valuma-analyysin Maanmittauslaitoksen lentokonelaserkeilausaineiston avulla. Valuma-analyysi liitettiin lähtötietomalliin.

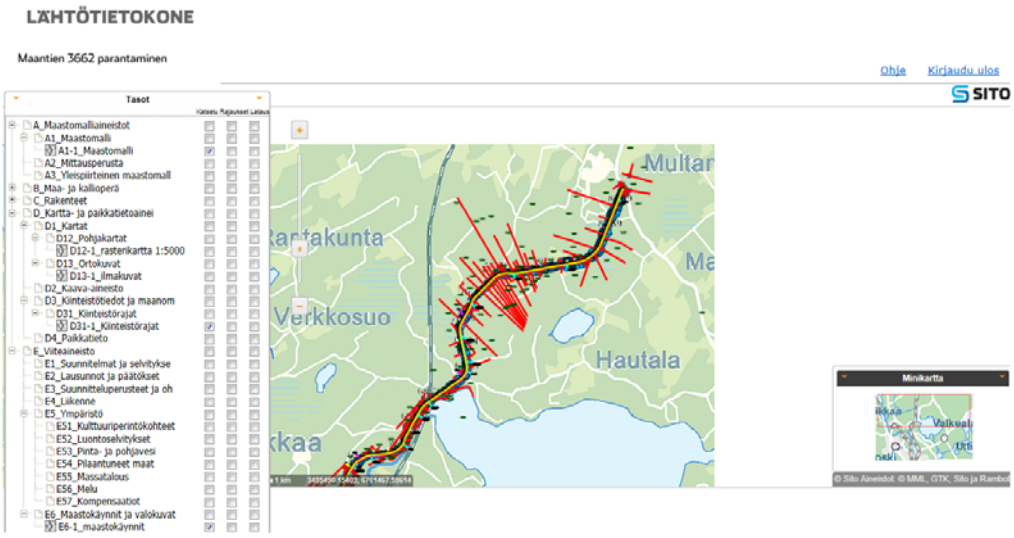
Lähtötietomallia luotaessa testattiin myös lähtötietojen ilmentämistä eri suunnitteluohjelmissa, infraomaisuuden hallintajärjestelmissä ja Google Earth sovelluksessa (kuvat 3-38…42).

Kuvassa 3-38 on avattuna useita näkymäikkunoita suunnittelujärjestelmään kerätystä ja mallinnetusta tarkastelukohteen lähtötietoaineistosta.



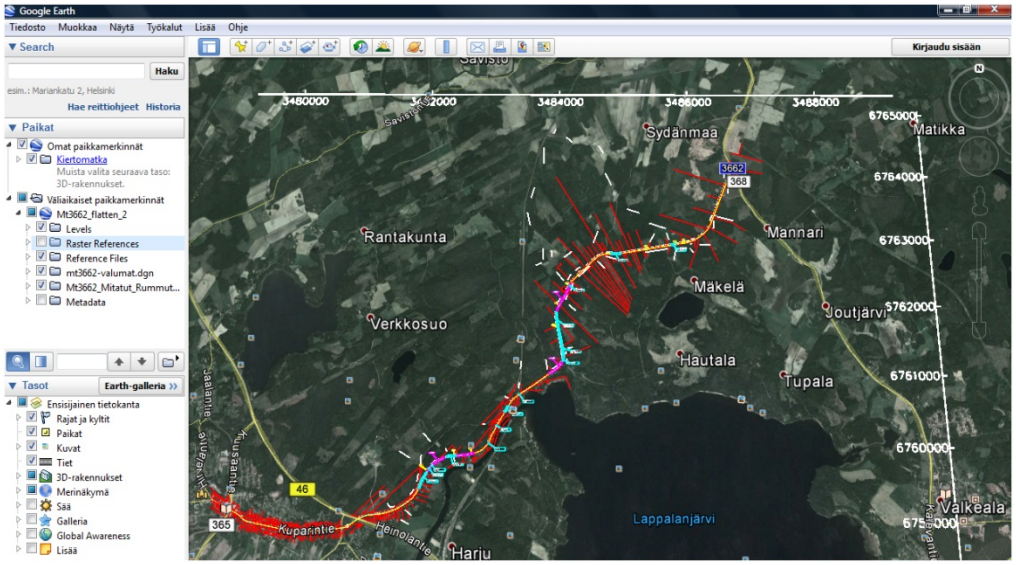
Kuva 3-38. Suunnittelua ja ilmentämistä Finnmap Infran Bentley ohjelmistossa (Petri Niemi, Finnmap Infra Oy)

Kuvassa 3-39 on esimerkkikuva selainpohjaisesta hankkeen lähtötietojen katselu- ja latauspalvelusta. Siinä tarkasteltavat tiedot on mahdollista poimia lähtötietomallin mukaisen hakemistorakenteen valintalistalta. Järjestelmä hallitsee myös aineistoon liitettyä metatietoa.

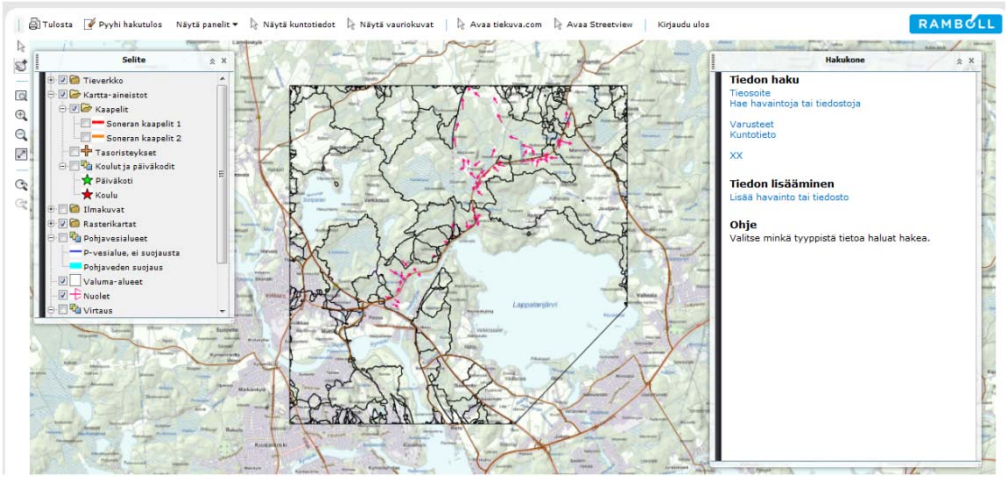


Kuva 3-39. Lähtötiedon ilmentämisesimerkki SITO Lähtötietokoneessa (Taina Rantanen, Sito Oy)

Selainpohjaiseen, yleisesti käytettävissä olevaan Google Earth -karttaohjelmaan on helppo viedä paikkatietoon liitettyä aineistoa. Kuvassa 3-40 on esitetty korjauskohteen valuma-alueita ja tien rummut. Myös esimerkiksi rummuista otetut valokuvat on katseltavissa järjestelmässä.



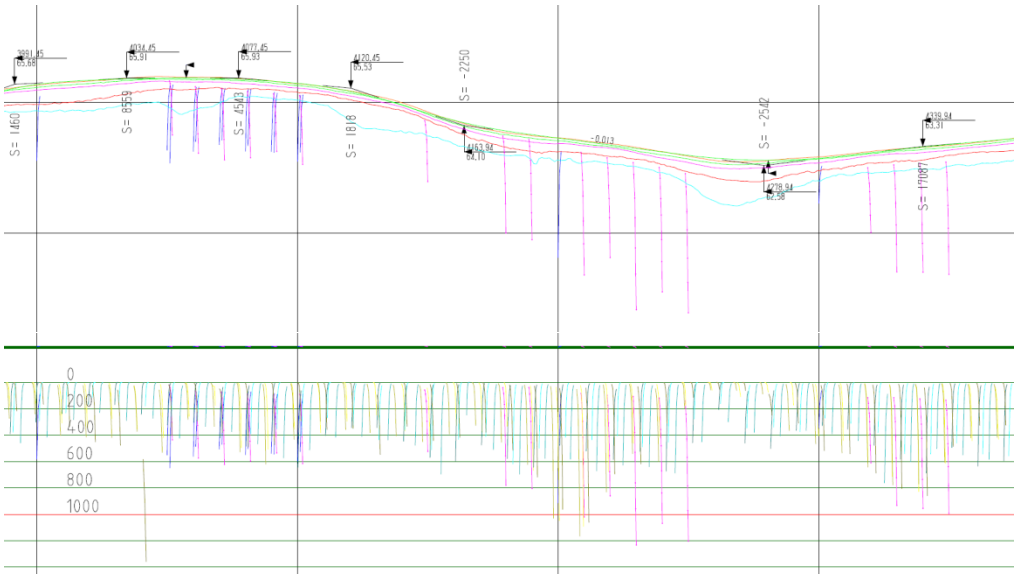
Kuva 3-40. Lähtötiedon ilmentämisesimerkki Google Earth ohjelmassa (Petri Niemi, Finnmap Infra Oy)



Kuva 3-41. Valuma-analyysin tarkastelua Rambollin tietopalvelussa (Juha Äijö, Ramboll)

Rambollin verkkoyhteydellä toimiva tietopalvelu sisältää runsaasti tietoa Suomen tieverkolta. Käyttäjä voi poimia tarjolla olevasta aineistosta haluamansa tiedot tarkasteltavan kohteen karttaesitykseen. Kuvassa 3-41 esitetään koetien valuma-alueet ja vedenvirtaamissuunta sivuojien kunnostussuunnitelmaa varten.

Kuvassa 3-42 on havainnollistettu pudotuspainolaitteen mittaustulosten esittämistä pituusleikkaukseen maatutkan mittaustulosten pohjalta mallinnetun tierakenteen kanssa.



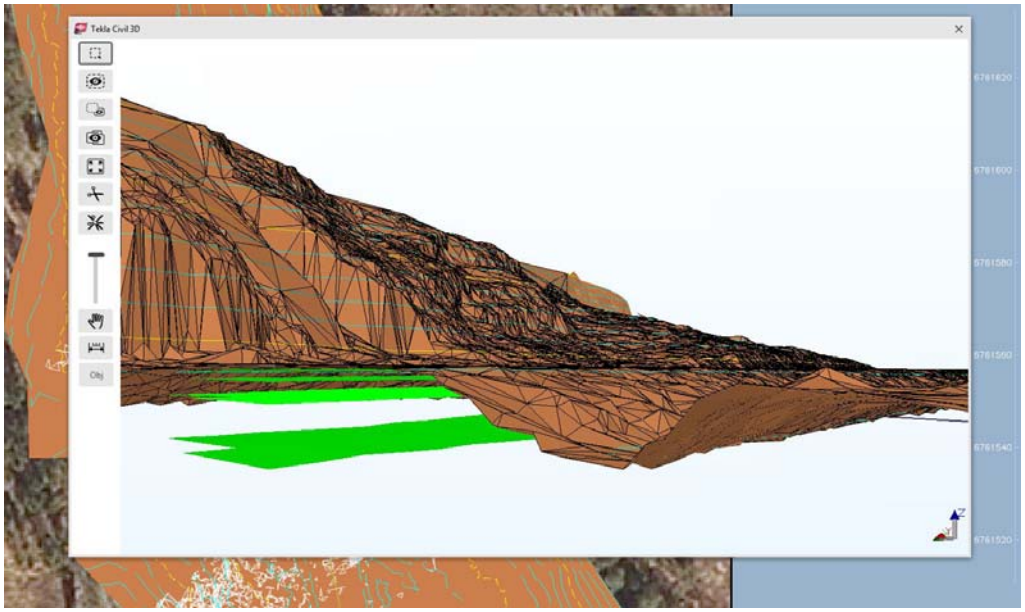
Kuva 3-42. Esimerkkikuva tierakenteen kerrosrajojen ja kantavuusmittaustulosten yhdistämisestä pituusleikkaukseen (Petri Niemi, Finnmap Infra Oy)

3.7.3 Kohdesuunnittelu

SITO Oy (Taina Rantanen) toteutti kohdesuunnittelun vuonna 2014 huhti–kesäkuun aikana Tekla Civil ohjelmistolla (kuva 3-43). Suunnittelun lähtökohtana oli tarkka maastokartoitus, jonka avulla selvitettiin todelliset vauriokohdat. Tämän takia maastokäyntejä tehtiin useita ja eri vuoden aikoihin (mm. roudan vaikutuksen selvittämiseksi). Maastohavainnot yhdistettiin mitattuihin ja rekisteristä kerättyihin tietoihin.

Näin eri lähtötiedot täydensivät toisiaan tehokkaasti ja suunnittelussa pystyttiin hyödyntämään aidosti jaksotusajattelua toimenpiteiden kohdistamisessa.

Pohjamaan laatu arvioitiin maastokäyntien yhteydessä ja Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartan avulla. Maatutkaluotausten (ja referenssikairausten) avulla selvitetyt päällysteen ja rakennekerrosten paksuudet vietiin tiesuunnittelujärjestelmään. Kuvassa 3-42 rakennekerrokset on esitetty maastomallissa.



Kuva 3-43. Ruutukaappaus tiensuunnittelujärjestelmästä Tekla Civil (Olli Nissinen, Sito Oy)

Kevättalven ja kesän mittauksia vertaamalla maastohavaintoihin tukeutuen pystyttiin päättelemään routaongelmaiset kohdat. Tältä osin suunnittelussa jäätiin kaipaamaan tehokkaampaa työkalua, jolla nämä eri ajankohtien mittaukset olisi voinut havainnollistaa paremmin toisiinsa nähden. Nyt tätä työtä jouduttiin tekemään manuaalisesti, mikä oli varsin suuritöistä.

Kantavuusmittausten (PPL, TSD) ja näytetutkimusten avulla havaittiin kohdat, joissa vauriot johtuivat kantavan kerroksen laadusta (liian suuri hienoainespitoisuus tms.)

Kohdesuunnittelussa panostettiin erityisesti kuivatuksen suunnitteluun. Lähtötietoina tässä hyödynnettiin sekä rekistereistä saatuja että hanketta varten erikseen mitattuja aineistoja, joita olivat:

- rumpujen tarkemittaus (onko rumpujen sijainti ja kaltevuus oikein rakenteessa)
- kiinteistötietojärjestelmän kiinteistörajat (tarvitseeko toimenpiteitä ulottaa tie-alueen ulkopuolelle)
- valuma-analyysi (ovatko rummut oikeissa paikoissa, tarvitaanko uusia rumpuja)
- maastokäynnit (ovatko rummut liettyneet, kuinka pahasti).

Lisäksi toimenpidesuunnittelun yhteydessä huomioitiin:

- johtotietojärjestelmän johtotieto (massanvaihto / mvk tai ojien kunnostaminen)
- Liikenneviraston tierekisteritiedot (jakopisteet, tieosien pituudet, KVL, pohjavesialueet).

Lisäksi suunnittelumallia havainnollistettiin Maanmittauslaitoksen rasterikartan ja ilmakuvien avulla.

3.7.4 Kohteelle suunniteltujen toimenpiteiden toteutus 2015–

Toimenpiteiden teettäminen kohteelle tulee tapahtumaan arviolta vuoden 2015 tai 2016 aikana. Toteutuksen onnistumista ei tämän takia tarkistella tässä raportissa.

3.7.5 Pilotin arviointi

Ylläpidon kohdesuunnittelussa lähtötietona käytettävissä oleva tiedon määrä on kasvanut ja tietoa on helpommin saatavilla kuin aikaisemmin. Erilaisia tietoja ei yleensä hyödynnetä kovinkaan tehokkaasti. Mt3662 -pilottihanke oli hyvä päänavaus mallipohjaiselle kohdesuunnittelulle ja erilaisten tietojen hyödyntämiselle ylläpidon tarpeisiin. Hankkeessa koettiin äärimmäisen tärkeäksi, että kaikki lähtötieto ja suunnitelmatieto on sidottu tarkasti yhtenäiseen koordinaatistoon. Tässä yhteydessä on myös varmistettava, mikä on tuotetun tiedon tarkkuus ja paikkansapitävyys. Apukeinona on syytä käyttää lähtötietojen tarkistusta ristiin ja mahdollisia lisätutkimuksia erovaisuuksien ilmetessä. Tierekisteritieto ei valitettavasti ole hankkeessa tehtyjen havaintojen perusteella luotettavaa, sen laadun parantamista kannattaa kehittää.

Pilotin toteutuksessa vuorovaikutus koettiin erittäin onnistuneeksi. Suunnittelijan ja urakoitsijan välillä käyty keskustelu oli poikkeuksellisen vilkasta verrattuna perinteiseen malliin. Tämän vuorovaikutuksen lisääminen mahdollistikin hankkeessa saatujen kokemuksien mukaan takaisinkytkennän urakoinnista suunnitteluun. Perinteisessä toteutusmallissa tätä takaisinkytkentämahdollisuutta ei juuri hyödynnetä ja siihen liittyvät oppimismahdollisuudet jäävät käyttämättä. Oppimismahdollisuuksien lisääminen olisikin tulevaisuudessa tärkeää, jotta yhä vähenevillä rakenteenparantamistöiden määrillä pystytään ylläpitämään osaamista niin tilaajan, suunnittelijan kuin urakoitsijankin osalta.

Hankkeessa ei hyödynnetty aluevastaavan eikä alueurakoitsijan tuottamaa tietoa. Tämä tieto on tänä päivänä varastoituna vain kyseiselle urakalle. Tiedon julkaisemista kohdesuunnittelun tarpeisiin ja kyseisen tiedon tuottamiselle asettavia tarkkuusvaatimuksia olisikin syytä tutkia ja kehittää. Myös paikallisten asukkaiden ja tienkäyttäjien informaatio-omaisuus olisi mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa erilaisia sosiaalisen median kanavia pitkin.

Pilotissa kerättiin runsaasti erilaista ja eriaikaista tietoa yhteen. Yhteen koottua tietoaineistoa ei pystytty täysin hyödyntämään tai hyödyntäminen oli erittäin työlästä käytettävissä olevin menetelmin. Hankkeessa jäätiinkin kaipaamaan tehokkaampia työkaluja esimerkiksi seuraavien asioiden hallitsemiseksi:

- laaja-alaisen virtausanalyysin tarkastelu (valtaojat, suoalueet)
- erilaisten ja eriaikaisten mittauksien keskinäiseen vertailu (roudan vaikutus).

4 Tiemerkintöjen mallipohjainen toimintatapa

4.1 Tausta

Pohja tiemerkintöjen tietomallintamisen kehittämiselle luotiin, kun hankintamallien kehittämistyön tuloksena tiemerkintöjen ylläpitoa alettiin tilata palvelusopimuksilla. Laadunhallinnan ja raportoinnin painopiste siirtyi tällöin yhä enemmän palvelun tuottajalle. Sopimusten seurantaan ja raportointiin otettiin käyttöön palvelun tuottajan hankkimat ja ylläpitämät projektiportaalit. Tilaajalla ei ollut mahdollisuutta käyttää siihen omia resursseja. Portaalin käytön vaatimukset tulivat laajemmin käyttöön vuoden 2008 kilpailutuskierroksella.

Esimerkiksi Hämeen tiepiirin tiemerkintöjen palvelusopimukseen oli vuonna 2008 kirjattu raportoinnista:

> *"Kanssakäymisportaalin vaatimuksena on tietokantaan tallennettujen tietojen esittäminen selainkäyttöisellä karttapohjalla. Tilaajalla tulee olla mahdollisuus tarkastella rekisteritietoja kanssakäymisportaalissa vapaasti kohdistettavalla, mittakaavariippumattomalla tavalla. Esitettäviin tietoihin pitää pystyä asettamaan hakukriteerejä ajan, paikan ja esitettävän tietosisällön perusteella.*
>
> *Merkintätyö ja työn ohessa tapahtuva tiedonkeräys on tehtävä siten, että palveluntuottaja saa ylläpidettyä ajantasaisena alla mainittuja tietoja kanssakäymisportaalissa (tietokanta ja graafinen esitys).*
>
> *Merkintätyön aikana urakoitsijan on pidettävä yllä merkintätöiden edistymistä kuvaavaa tietoa tilaajalle sähköisessä muodossa hyödyntäen kanssakäymisportaalia ja mobiilia tiedonhallintaa. Merkintätöiden raportointi on esitettävä taulukkona, josta käy esille merkityt paikat tierekisteriosoitteina, uusitut viivat sekä pienmerkinnät samalla rakenteella kuin merkintäohjelmassa."*

Kehityksen vauhdittamiseksi palvelun tuottajia kannustettiin esimerkiksi bonusten avulla ottamaan käyttöönsä jatkuvan koneellisen paluuheijastuvuusmittauksen käsimittausten sijasta. Näin mittaustulokset saatiin tiedonsiirron kannalta helpompaan muotoon. *(Tiemerkintöjen palvelusopimus, Oulun tiepiiri 2008-2011)*

Laaturaportoinnissa siirryttiin vaatimaan raportointia aikaisemman "tieosa"-tason sijasta 100 m jaksoina. Tämä aiheutti kerättävän tiedon määrän voimakasta kasvua, mikä toi mukanaan "pakon" kehittää sähköistä tiedonsiirtoa.

Avaintekijänä sähköisen tiedonsiirron ja tietomallin kehittymiselle tiemerkinnöissä on ollut tilaajan näkemys kehityksen suunnasta. Tilaaja on saanut muutoksia aikaan sopimusmuutoksilla käyttäen "keppiä ja porkkanaa". Toisaalta laadun raportoinnin kehittäminen on saanut palvelun tuottajat kehittämään raportoinnin lisäksi omaa toimintaansa tehokkaampaan ja tuottavampaan suuntaan. Nämä kehitysaskeleet tiemerkintöjen osalta ovat olleet viime vuosina merkittäviä.

4.2 Lähtötietomalli

Tiemerkintöjen ylläpidon suunnittelu aloitetaan keräämällä lähtötietoja olemassa olevien merkintöjen tilasta. Lähtötietoja ovat tämänhetkisien palvelusopimuksien sisällössä määritetyt tiemerkintöjen mitattavat laatuvaatimukset; kuntoarvo ja paluuheijastavuus. Muita sopimuksessa määriteltyjä laatuvaatimustekijöitä ei ylläpidon suunnittelua varten yleensä mitata. Ne voivat olla:

- jo olemassa olevaa tietoa (merkintämateriaalit, merkintöjen mitat ja sijainti)
- pistokokein valvottavia laatutekijöitä (kitka, luminanssitekijä)
- laatutekijöitä, jotka toteutuessaan eivät mahdollista merkinnän ylläpitoa ilman sen uusimista (merkintöjen mittapoikkeamat).

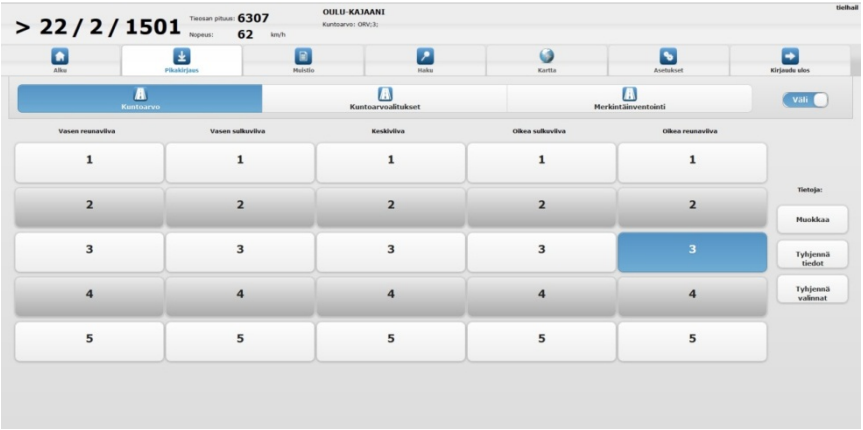
Kuntoarvopuute tai liian alhainen paluuheijastavuusarvo laukaisevat tiemerkinnän ylläpitotarpeen pituussuuntaisten merkintöjen tapauksessa. Pienmerkintöjen osalta tarkastellaan pelkästään kuntoarvoa.

4.2.1 Kuntoarvo

Tiemerkinnän kuntoarvo kuvaa tiemerkinnän kulumattomuutta eli jäljellä olevan tiemerkinnän määrää suhteessa pinta-alaan. Kuntoarvo arvostellaan silmämääräisesti asteikolla 1–5. Kuntoarvoltaan alle 3 oleva merkintä tulee korjata merkintäkauden aikana. Jatkuvan kuntoarvon mittaus suoritetaan pituussuuntaisille merkinnöille kahden henkilön toimesta tarkoitukseen soveltuvalla ajoneuvolla. Mittaus pyritään suorittamaan keväällä heti tiemerkintöjen hieman puhdistuttua talven jäljiltä. Mittaus tulee tehdä kuivissa olosuhteissa myötäauringon suuntaan, koska tiemerkinnän päällä oleva kosteus ja silmiin heijastuva auringon valo heikentävät merkinnän kunnon havaittavuutta.

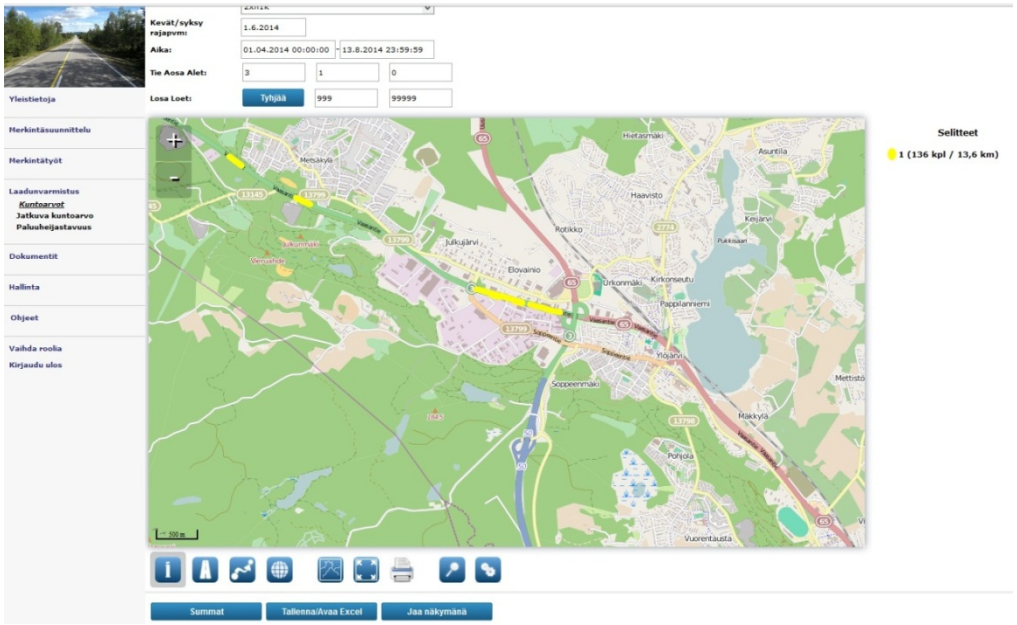
Kuntoarvopuutteet (kl. < 3) mitataan ja raportoidaan tilaajalle keväisin. Tällä perusteella voidaan arvioida muun muassa edellisvuoden ylläpidon onnistumista ja käytetyn materiaalin kulumiskestävyyttä. Toisaalta ylläpidon suunnittelua varten mittauksissa kerätään mukaan myös sellaiset merkintäjaksot, joiden kuntoarvo on mittaushetkellä vielä luokkaa 3, mutta merkinnästä on havaittavissa, että se on kulunut talven aikana voimakkaasti, eikä tule kestämään enää seuraavaa talvea. Kyseinen mittaus perustuu kokemusperäiseen tietoon materiaalin kestävyysominaisuuksista. Lisäksi mittauksissa kerätään talteen erillisenä tietona sellaiset jaksot, joissa liikenteestä johtuva kuluminen on ollut erittäin voimakasta. Tällaisten kohtien ylläpito pyritään suunnittelemaan normaalia suuremmilla materiaalivahvuudella ja/tai vaihtoehtoisella materiaalilla (valumassa), kuin mitä normaalissa (spraymassa) ylläpidossa käytetään.

Kuntoarvotieto tallennetaan erillisellä tietokonesovelluksella, joka kerää yhteen ohjelmaan manuaalisesti syötetyn kuntoarvontiedon ja viivaluokan sekä tieosoitetiedon (kuva 4-1).

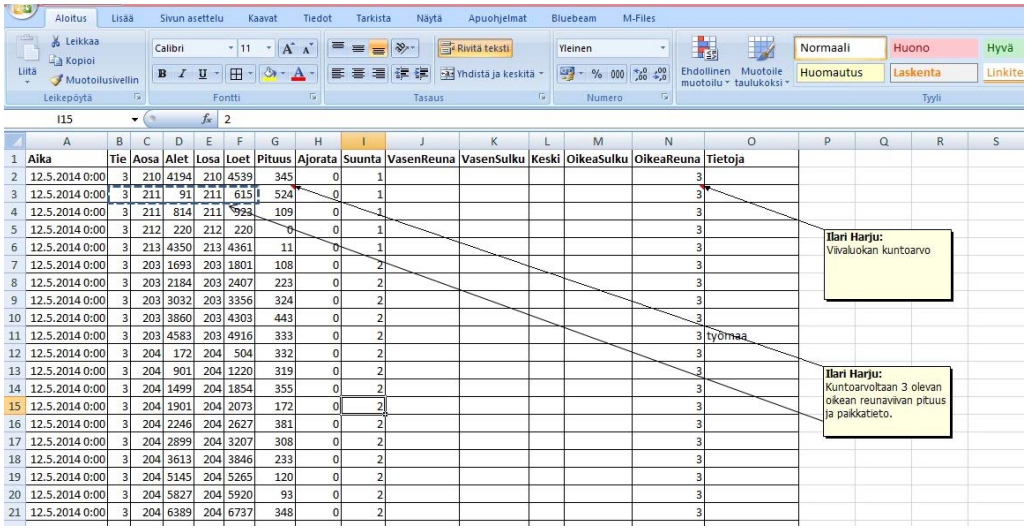


Kuva 4-1. WebAutori-sovellus. (Tietomekka Oy, 2014)

Sovellus lähettää kerätyn kuntoarvotiedon reaaliajassa tietopalvelutuottajan palvelimelle. Palvelimelle lähetettyä tietoa voidaan tarkastella tietopalvelutuottajan sivustolla, josta kerätty tieto voidaan jatkokäsitellä Excel-muotoon (kuva 4-3) ja se on tarkasteltavissa myös karttamuodossa. Kuvassa 4-2 on esitetty tietopalvelusivulta haettu karttamuodossa oleva oikean reunaviivan kuntoarvotieto, joka on kerätty jatkuvana mittauksena keväällä 2014.



Kuva 4-2. Tietomekka Oy:n tietopalvelusivusto palvelimelle tallennetun tiedon tarkasteluun. (Tietomekka Oy, 2014)



Aika	Tie	Aosa	Alet	Losa	Loet	Pituus	Ajorata	Suunta	VasenReuna	VasenSulku	Keski	OikeaSulku	OikeaReuna	Tietoja
12.5.2014 0:00	3	210	4194	210	4539	345	0	1					3	
12.5.2014 0:00	3	211	91	211	615	524	0	1					3	
12.5.2014 0:00	3	211	814	211	923	109	0	1					3	
12.5.2014 0:00	3	212	220	212	220	0	0	1					3	
12.5.2014 0:00	3	213	4350	213	4361	11	0	1					3	
12.5.2014 0:00	3	203	1693	203	1801	108	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	203	2184	203	2407	223	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	203	3032	203	3356	324	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	203	3860	203	4303	443	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	203	4583	203	4916	333	0	2					3	tyomaa
12.5.2014 0:00	3	204	172	204	504	332	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	204	901	204	1220	319	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	204	1499	204	1854	355	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	204	1901	204	2073	172	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	204	2246	204	2627	381	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	204	2899	204	3207	308	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	204	3613	204	3846	233	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	204	5145	204	5265	120	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	204	5827	204	5920	93	0	2					3	
12.5.2014 0:00	3	204	6389	204	6737	348	0	2					3	

Kuva 4-3. Kerätty kuntoarvotieto taulukoituna Exceliin. (Tietomekka Oy, 2014)

4.2.2 Paluuheijastavuus

Paluuheijastavuudella tai paluuheijastuksella tarkoitetaan optista ilmiötä, jossa heijastuneet valonsäteet palaavat ensisijaisesti valonlähteen suuntaan. Tiemerkintöjen ollessa kyseessä ilmiöllä tarkoitetaan kuljettajan silmiin heijastunutta valomäärää, joka on peräisin kuljettajan oman ajoneuvon ajovaloista. Takaisin heijastunut valo informoi kuljettajaa ajoradasta ja edesauttaa turvallista ajamista pimeällä.

Tiemerkintöjen paluuheijastavuutta mitataan sekä pistemäisenä että jatkuvana mittauksena (mobiilimittaus). Ylläpidon suunnittelun kannalta mobiilimittaus (kuva 4-4) säästää aikaa ja antaa huomattavasti tarkemman kuvan merkinnän paluuheijastavuusominaisuuksista. Tämän vuoksi tiemerkintöjen ylläpidon palvelusopimuksissa yleensä suurin osa sopimusalueen pituussuuntaisista merkinnöistä tuleekin mitata jatkuvalla mittausmenetelmällä.

Kuva 4-4. Ajoneuvoon asennettavia mobiilimittauslaitteita testimittauksessa (Sörensen, 2012)

Paluuheijastavuustulokset raportoidaan laskemalla mittaustuloksista keskiarvo kullekin viivalajille 100 m jaksoissa. Raportit lähetetään laskennan jälkeen tietopalvelutuottajan palvelimelle, josta tuloksia voidaan tarkastella vastaavasti kuin kuntoarvoja.

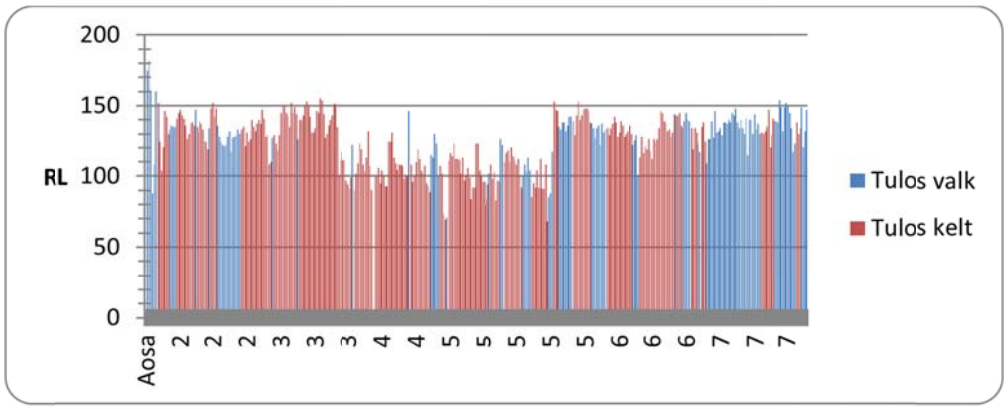
4.2.3 Ylläpitohistoria

Mahdollisimman kattavan tietotason saavuttamiseksi lähtötietojen keruuvaiheessa tarkastellaan myös edellisvuonna toteutettuja merkintäjaksoja. Näiden tietojen vertaaminen keskenään on tärkeää tutkimustyötä palveluntuottajan arvioidessa käyttämänsä materiaalin toimivuutta ja toisaalta arvioidessaan eri liikennemääriltään olevien teiden tiemerkintöjen vuosittaista ylläpitokustannusta tietyillä laatuvaatimuksilla.

4.3 Tuotemalli

Kerättyjen lähtötietojen avulla tiemerkinnöistä saadaan laadittua ylläpidon suunnittelua varten riittävän tarkka kuvaus. Kaikki tiedot kerätään samaan excel-taulukkoon saraketiedoiksi. Kuvassa 4-3 esitetty yhteenvetotaulukko mahdollistaa tietojen samanaikaisen tarkastelun ja vertailun keskenään.

Kerättyjä tietoja ei tätä nykyä piirretä tai visualisoida muuten kuin erilaisten kuvaajien muodossa. Kuvassa 4-5 on esimerkkinä kuvaaja keskiviivaston paluuheijastavuustuloksista Vt 15:n eri tieosilla.



Kuva 4-5. Vt 15 keskiviivaston paluuheijastavuustulokset eri tieosilla (Destia Oy, 2014)

Halutun yhteenvetotaulukon ulkoasu on muokattavissa ja se varmasti vaihtelee eri suunnittelijoiden välillä. Kuvassa 4-6 on esitetty Tielinja Oy:n käyttämä yhteenvetotaulukko.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Tie	Aosa	Alet	Losa	Loet	Pituus	Ajorata	Kaista	VRV	KV	SV	ORV	VRV Kunto	KV Kunto	SV Kunto	ORV Kunto	VRV Tehty 2013	KV Tehty 2013	SV Tehty 2013	ORV Tehty 2013		
2	3	203	400	203	500	100	2	0	185	128		118	3			3	0	0	0	100		
3	3	203	500	203	600	100	2	0	194	138		124				3	0	0	0	100		
4	3	203	600	203	700	100	2	0	92	138		115				2	0	0	0	100		
5	3	203	700	203	800	100	2	0		126		118		3		2	0	0	0	2		
6	3	203	800	203	900	100	2	0	110	125		139		3		2	0	0	0	0		
7	3	203	900	203	1000	100	2	0	82	110		130	3	3		2	0	0	0	0		
8	3	203	1000	203	1100	100	2	0	71	85		109	3	3		3	0	0	0	0		
9	3	203	1100	203	1200	100	2	0	43	96		113	3	3		2	0	14	0	38		
10	3	203	1200	203	1300	100	2	0	76	122		107				3	0	0	0	100		
11	3	203	1300	203	1400	100	2	0		109		118					0	0	0	100		
12	3	203	1400	203	1500	100	2	0	82	138		136		3			0	0	0	28		
13	3	203	1500	203	1600	100	2	0	179	48		135		3		3	0	0	0	46		
14	3	203	1600	203	1640	40	2	0	70			169				3	0	0	0	0		
15	3	203	1640	203	1700	60	0	0	169			256		3		3	59	0	21	44		
16	3	203	1700	203	1800	100	0	0	288			256		3		3	0	0	100	100		
17	3	203	1800	203	1900	100	0	0	295		108	261	3	3		3	0	84	100	99		
18	3	203	1900	203	2000	100	0	0	328		149	278	3			3	0	100	100	0		
19	3	203	2000	203	2100	100	0	0	331		140	303	3			3	0	56	56	0		
20	3	203	2100	203	2200	100	0	0	313	136		316	3	3		3	0	0	0	0		

Kuva 4-6. Lähtötiedoista koottu yhteenvetotaulukko tiemerkintöjen ylläpidon suunnittelua varten (Tielinja Oy, 2014).

4.3.1 Laatuvaatimukset

Vuosittaisen ylläpidon määrään vaikuttaa oleellisesti palvelusopimuksessa määritetyt tiemerkintöjen toiminnallisuuden laatuvaatimukset. Alla on esitetty TMPS PIR-ELY 2012–2015 tiemerkintöjen ylläpidossa sovellettavat laatuvaatimukset.

Taulukko 4-1. Ylläpidettävien tiemerkintöjen laatuvaatimukset TMPS PIR-ELY 2012–2015

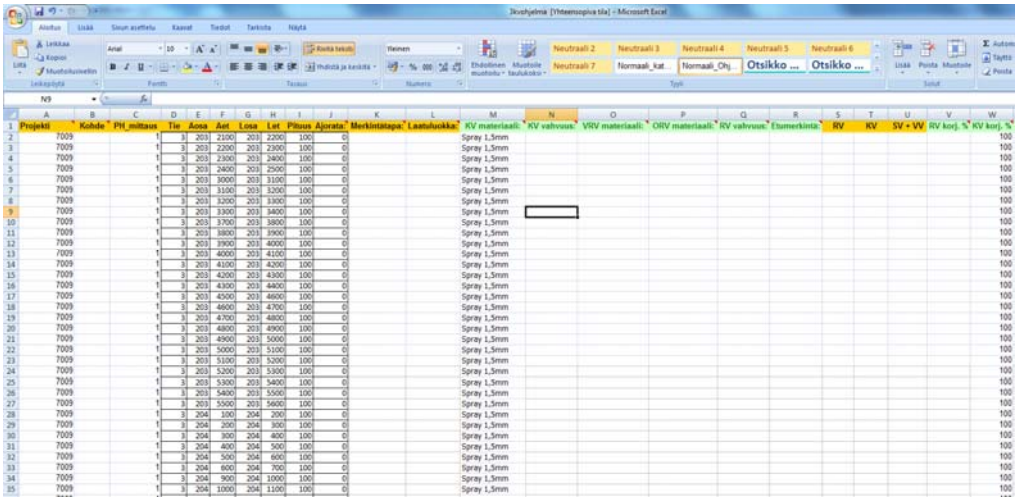
Kategoria	Kevään kuntoarvo	Syksyn kuntoarvo	Paluuheijastavuus (mcd/m^2/lx)
Pituussuuntaiset merkinnät	3	4	100 (jatkuva mittaus)
Pienmerkinnät ja suojatiet	–	4	–

Muodostetusta yhteenvetotaulukosta poimitaan siis ylläpidettäväksi ne 100 m jaksot, joissa tiemerkinnän laatuvaatimus alittuu. Erityistapauksissa ylläpidettäväksi valitaan myös jaksoja, joissa ei esiinny laatuvaatimusten alittaa arvoa (ks. kohta 4.1.1 Kuntoarvo). Kun yhteenvetotaulukossa on jäljellä vain merkintäjaksoja, jotka on valittu korjattavaksi, voidaan ajatella että taulukko esittää tiemerkintöjen ylläpidon toteutusmallia.

4.3.2 Koneohjausmalli

Vielä muutama vuosi sitten ylläpitojaksot sisältävät Excel-taulukot tulostettiin merkintäryhmille paperiversiona. Ylläpitotyö toimi silloin siten, että merkintäkoneen kuljettaja seurasi ensinnäkin tietokoneelta merkintäkoneen sijaintia tieosoitteella ja toiseksi paperilistaa, johon oli merkitty korjattavat jaksot. Nykyään käytössä on ohjelmisto, joka hoitaa tämän työn kuljettajan puolesta. Ohjelmisto ilmoittaa merkintäkoneen kuljettajalle äänimerkillä ja "valopalkilla" etäisyyden seuraavaan korjattavaan jaksoon ja sen yhteispituuden (kuva 4-9).

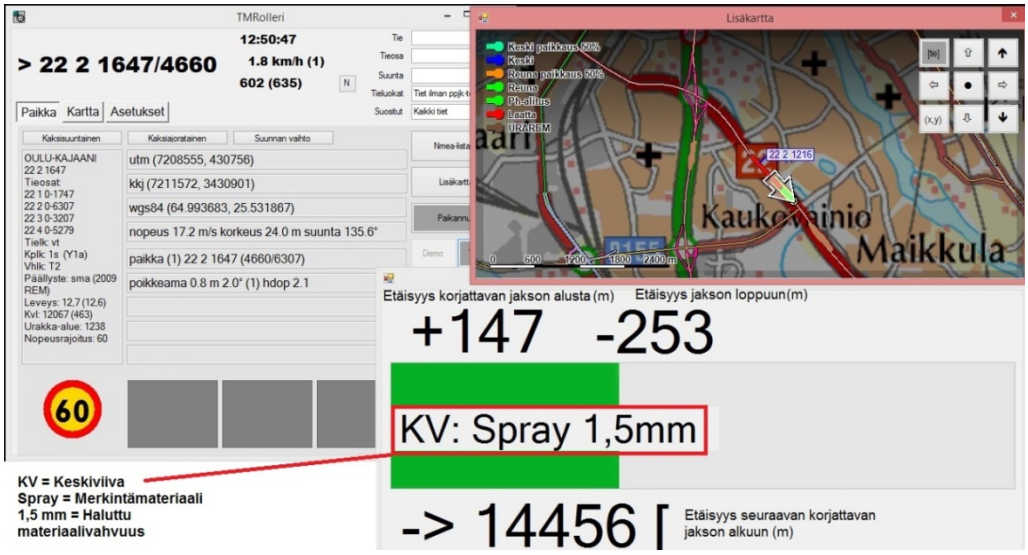
Jotta ylläpidettävät 100 m-jaksot eli "toteutusmalli" saadaan vietyä merkintäkoneen kuljettajalle merkintäohjelmaksi, täytyy yhteenvetotaulukkoa vielä muokata manuaalisesti. Korjattavat jaksot siirretään erilliselle ohjelmointi-excel-tiedostolle (kuva 4-7), jotta tiedot voidaan syöttää tietopalvelun tuottajan palvelimelle. Tässä vaiheessa korjattaville jaksoille lisätään materiaalitieto ja haluttu materiaalivahvuus, joiden valinta perustuu hankittuihin lähtötietoihin.



Projekti	Kohde	PH_mittaus	Tie	Aosa	Aet	Losa	Let	Piltuus	Ajorata	Merkintätapa	Laatuluokka	KV materiaali	KV vahvuus	VRV materiaali	ORV materiaali	RV vahvuus	Etumerkinta	RV	KV	SV + VV	RV korj. %	KV korj. %
7009		1	3	203	2100	203	2200	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	2200	203	2300	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	2300	203	2400	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	2400	203	2500	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	3000	203	3100	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	3100	203	3200	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	3200	203	3300	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	3300	203	3400	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	3700	203	3800	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	3800	203	3900	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	3900	203	4000	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	4000	203	4100	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	4100	203	4200	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	4200	203	4300	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	4300	203	4400	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	4500	203	4600	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	4600	203	4700	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	4700	203	4800	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	4800	203	4900	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	4900	203	5000	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	5000	203	5100	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	5100	203	5200	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	5200	203	5300	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	5300	203	5400	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	5400	203	5500	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	203	5500	203	5600	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	204	100	204	200	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	204	200	204	300	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	204	300	204	400	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	204	400	204	500	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	204	500	204	600	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	204	600	204	700	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	204	900	204	1000	100	0			Spray 1,5mm										100
7009		1	3	204	1000	204	1100	100	0			Spray 1,5mm										100

Kuva 4-7. Merkintäohjelman tiedonsiirtopohja (Tielinja Oy, 2014)

Kuva 4-8. Kuorma-autoalustaisen tiemerkintäkoneen ohjaamon varustelu (Tielinja Oy)



Kuva 4-9. Näkymä tiemerkintäkoneen tietokoneen näytöltä.

Kuva 4-10. Reunaviivamerkinnän tekoa Vt12 Tampere (Tielinja Oy)

4.4 Tiemerkintätoiminnan tulevaisuus tietomallin näkökulmasta

Tiemerkintöjen osalta voidaan sanoa, että järjestelmiä ja sovelluksia kehitetään jatkuvasti tietopalveluntuottajan ja urakoitsijoiden toimesta, jotta ne palvelisivat entistä tehokkaammin käyttäjiään. Järjestelmäkehitys on edennyt aina, kun on havaittu jotain puutteita raportoinnissa tai raportin tietosisältö on ollut virheellistä. Toisaalta nykyään kun raporttien tietosisällön tuottaminen on saatu vaaditulle tasolle, on kehityksen pääpainopiste ollutkin järjestelmien ja sovellusten käyttäjäystävällisyydessä, yhteen sulautettavuudessa ja automaatiossa.

Tulevaisuuden tai jo meneillään olevia kehitysaskelia on moniajorataisten teiden merkintöjen raportointihierarkian sopiminen ja niiden mittaamisen ohjeistaminen. Tämäkin asia on kirjattu vaatimuksena seuraavaksi kilpailutettavassa palvelusopimuksessa, joten hyvin perinteisestä etenemismallista on kysymys.

Mikäli tietomalliajattelua laajennetaan yksittäisestä tiemerkintöjen ylläpidon palvelusopimuksesta vielä suurempaan mittakaavaan, avautuvat kehityksessä rajattomat mahdollisuudet.

5 Yhteenveto

5.1 Päätelmiä piloteista saatujen kokemusten perusteella

Perinteisessä päällystyskohteen suunnittelussa ei useinkaan oteta huomioon tien geometriaa. Puutteellisia sivukaltevuuksia pyritään joskus korjaamaan menetelmävalinnoilla. Näillä menetelmävalinnoilla kyetään joko korjaamaan hiukan tilannetta tai vain estämään puutteen paheneminen. Pituussuuntaisia heittoja pyritään poistamaan tasausmassaa käyttämällä. Erityisesti vilkkaasti liikennöidyllä tieverkolla päällystämällä poistetaan nykyään pääosin vain uravaurioita.

Tietomallipohjainen päällystekohdesuunnittelu antaa mahdollisuuden tarkastella päällystyskohdetta laajemmasta näkökulmasta. Tien pinnan mittausmenetelmät ovat kehittyneet viimevuosina voimakkaasti. Lisäksi mittaustuloksia hyödyntävät suunnitteluohjelmat tuottavat ymmärrettävää ja selkeää aineistoa esimerkiksi kuvamateriaalia analysoinnin tueksi. Tätä visuaalista kuva-aineistoa päällystysurakoitsijat kykenevät käyttämään hyväkseen, vaikka heillä ei olisikaan käytössä varsinaista koneautomatiikkaa. Ne urakoitsijat joilla on koneautomaatiota käytössään pystyvät hyödyntämään mittaus-/suunnittelutuloksia täysimääräisesti.

Tietomallipohjainen suunnittelu päällystyskohteilla on kustannuksiltaan kalliimpaa ja vie enemmän aikaa kuin ns. ”perinteinen” suunnittelu. Aivan tarkkoja suunnittelukustannuksia ei pilottikohteiden suunnittelusta selvitykseen saatu, mutta riippuen vähän suunnittelun tasosta muodostui suunnittelun kilometrihinnaksi noin 1000–2000 €/km. Hinta on usein vain pieni osa kohteen kokonaishinnasta.

Esitellyistä pilottikohteista voidaan todeta, että täydellinen prosessi (mittaus – suunnittelu – toteutus) toimii käytännön tasolla jo varsin hyvin. Koska päällystyskohteet ovat aina yksittäistapauksia, on yhteistyö eri toimijoiden välillä erittäin tärkeää.

Tietomallipohjaisella etukäteissuunnittelulla on mahdollisuus asettaa ”tavoiterajat” kohteen korjaustasolle. Näin pystytään hallitsemaan (ohjaamaan) kustannusten käyttöä etukäteen. Esimerkiksi jyrsinnän ja tasausmassan optimoinnilla saavutettiin selkeitä säästöjä kuitenkaan laadusta tinkimättä. Mittaamalla ja mallintamalla voidaan etukäteen löytää tarkat jyrsintä- ja tasausmassakohdat kaistoittain sidottuna tierekisteriosoitteeseen. Hankinnan näkökulmasta tarjouspyyntö voidaan tehdä käyttäen todellisia määriä eikä muutostöille ole tarvetta.

Myös tietojen dokumentointi tietomallipohjaisilla kohteilla paranee. Manuaalinen tiedonkeruu vähenee. Saatu mittausdata on helposti käsiteltävässä muodossa ja sitä voidaan käyttää muussa kunnossapidossa tai uudelleen suunnittelussa.

5.2 Tulevaisuuden kehitysnäkymiä

Useissa ylläpidon pilottikohteissa nousi esille keskustelu selkeiden suunnitteluohjeiden puutteesta. Kaivattiin rajoja ja reunaehtoja. Pilotit osoittivat, ettei ehdottomia rajoja olekaan syytä asettaa. Kukin kohde oli niin yksilöllinen, ettei niille olisi ollutkaan järkevää asettaa yhteismitallisia suunnitteluohjeita. Lisäksi kussakin hankkeessa on oma budjettinsa, joka hyvin pitkälti määrittää käytettävissä olevat toimenpiteet. Suunnittelulla tulee optimoida käytettävissä olevat varat kaikkien järkevimpiin toimenpiteisiin.

Tietomallipohjaisen toteutuksen yhteydessä on annettava riittävästi aikaa suunnittelulle. Myös suunnittelijan ja urakoitsijan vuorovaikutuksen lisääminen on tärkeää. Tämä saattaa olla joskus hankalaa, koska suunnittelu tehdään ensin ja sitten vasta kilpailutetaan urakoitsija. Kuitenkin olisi hyvä jos suunnittelijalla olisi mahdollisuus olla mukana myös toteutusvaiheessa, koska päällystystyön aikana jouduttiin usein soveltamaan alkuperäistä suunnitelmaa. Tähän on syytä varautua ainakin näin tekniikan alkumetreillä. Suunnittelijan olisi syytä olla mukana prosessissa loppuun asti aina mahdollisiin toteumavertailuihin asti. Samalla hankkeen eri osapuolten vuorovaikutus kartuttaa kaikkien osapuolten osaamista ja yhteispeliä.

Päällystystöiden suunnittelu on selkeästi vasta kehitysvaiheessa. Ohjelmistokehitys on nopeaa ja uusia toimijoita tulee markkinoille. Vaikka tämä on pitkälti positiivinen asia, muutokset ovat nopeita ja kun kaikkien osapuolten tulisi pysyä kehityksessä mukana, olisi lähinnä tilaajapuolen huolehdittava tavoitteellisesta koko alaa parhaiten hyödyntävästä kehitystrendistä. Esimerkiksi mallipohjaisen toimintatavan kehittäminen hankintamenettelyissä ja tarjouspyynöissä on vielä pitkälti hyödyntämättä. Tässä onnistuminen on tärkeää menettelyn jalkauttamisessa.

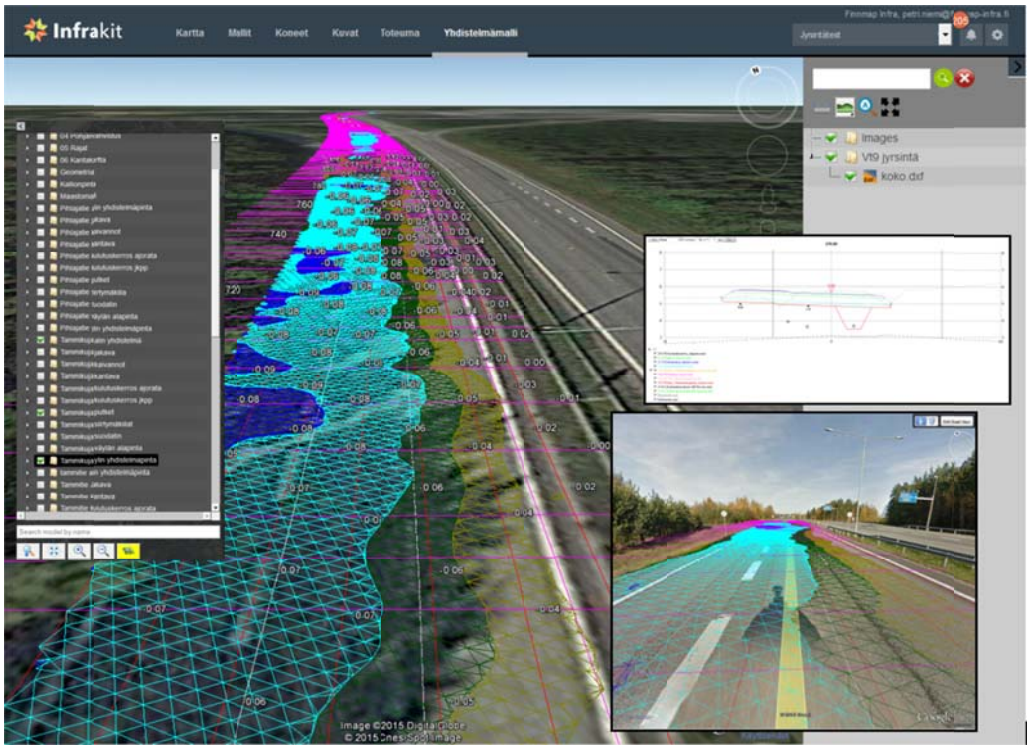
Pilotit osoittivat, että mallintaminen tuo uusia mahdollisuuksia myös muihin kunnossapitotoimiin kuin päällystämiseen. Mallintaminen ja kattavat lähtötiedot tarjoavat hyvän mahdollisuuden ottaa esim. kuivatusasiat paremmin huomioon kohdesuunnittelussa.

Tiemerkintöjen tietomallipohjainen kehitystyö todennäköisesti jatkuu urakoitsijoiden ja tietomallipalvelujen tuottajien välillä ilmenneiden käytännön tarpeiden mukaan. Tavoitteena on toisaalta urakoisijan työn tuottavuuden parantaminen, toisaalta tilaaja voi esittää sopimusten kautta omia entistä pidemmälle vietyjä vaatimuksiaan.

Mallinnus tarjoaisi jatkossa mahdollisuuden valita tieverkolta kohteita, joissa on esimerkiksi liikenneturvallisuutta vaarantavia sivukaltevuus- ja tasaisuuspuutteita (vrt. raskaan liikenteen kallistusongelmat). Tällaisten uusien ”kriteerien” kehittäminen edellyttää kuitenkin vielä suunnittelun ja toteutuksen kokonaisprosessin parantamista ja yhteistyötä eri toimijoiden välillä.

On varsin todennäköistä, että tulevaisuudessa tekniikan kehittymisen myötä mallipohjaisen päällystystoiminnan mahdollisuudet vain paranevat. Jo aivan lähitulevaisuudessa mobiililaserkeilauksen tarkkuus ja tehokkuus kehittyvät. Myös keilauksen toteuttajien määrä lisääntynee. Erilaisten tarkkuustasojen käyttö lisääntyy. Samoin koneohjaus yleistyy entisestään ja sen toteuttaminen saattaa onnistua riittävällä tarkkuudella jopa GPS-ohjattuna. Toivottavasti itse päällystealalla on rohkeutta lähteä pian tähän kehitykseen mukaan.

Tiedon kokonaisvaltaista hallintaa varten teiden ylläpidon tarpeisiin kannattaisi perustaa yhteinen tietoportaali, jonne kaikki ylläpidolle tärkeät tiedot päivittyvät automaattisesti muista rekistereistä. Kun järjestelmä on paikkatietopohjainen, on tietoja helppoa ja havainnollista hallita myös karttapohjaisesti. Samassa järjestelmässä olevien lähtötietojen, suunnitelmien, koneohjausmallien ja toteumien hallinta olisi huomattavasti nykyistä tapaa tehokkaampaa, hallitumpaa ja helpompaa.



Kuva 5-1. Kuvitteellinen esimerkki tulevaisuuden ylläpidon tietovaraston käyttöliittymästä.

5.3 Johtopäätökset

Mallipohjainen suunnittelu soveltuu hyvin myös ylläpidon tarpeisiin. Kuten kaikessa muussakin mallipohjaisessa suunnittelussa, tulee myös ylläpidon kohteissa tapauskohtaisesti harkita, mikä on järkevin tapa suunnitella korjaukset sekä missä prosesseissa mallipohjaisella suunnittelulla saadaan hyötyjä suhteessa perinteisiin tapoihin. Menetelmä ei ole vielä valmis, mutta kokemukset ovat lupaavia ja näin ollen jatkotutkimusta ja kehitystä kannattaa ilman muuta jatkaa.

Menetelmän soveltuvuutta erityyppisille kohteille kannattaa arvioida ja tutkia. Vähäliikenteisten teiden osalta ohuet päällystepaksuudet eivät tue jyrsintää. Toisaalta kokonaisvaltainen menetelmä voisi toimia kaikkein parhaiten kenttämäisissä kohteissa, joiden toteutuksessa myös koneohjauksen hyödyntäminen on helpompaa (tukiasemien tarve pieni).

Mallipohjaisen päällystystyön prosessi kannattaa määritellä ja ohjeistaa alalle yhteisesti (tai sopia aina tarkasti tapauskohtaisesti), mikäli tämän tyyppinen menetelmä otetaan aidosti työtavaksi. Prosessin määrittelyllä varmistetaan, että kaikki osapuolet (tilaaja, mittaajat, suunnittelija, urakoitsija ja kunnossapitäjä) tulevat kokonaisuuden kannalta parhaimmalla mahdollisella tavalla huomioitua ja hyödynnettyä.

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6664
ISBN 978-952-317-177-0
www.liikennevirasto.fi